

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE 1

U.F.R. de géographie

URA 1688 CNRS Géographie des milieux anthropisés

LE RISQUE-GRÊLE EN FRANCE :
ÉTUDE GÉOGRAPHIQUE



THESE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ LILLE 1

Discipline : géographie

présentée et soutenue publiquement par

Freddy VINET

le 18 décembre 1998, devant le jury ci-dessous

M. DESSENS Jean, Professeur, Université de Toulouse III - Paul Sabatier.
Mme ROUSSEL Isabelle, Professeur, Université de Lille I. Directeur de thèse.
Mme VEYRET Yvette, Professeur, Université de Paris VII.
M. VIGNEAU Jean-Pierre, Professeur, Université Paris X-Nanterre.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont d'abord à Isabelle Roussel qui a accepté de diriger ce travail . Elle n'a cessé de me faire confiance tout au long de ses quatre années, sachant quand il le fallait recadrer les objectifs de la recherche.

J. Dessens, à la disponibilité exemplaire, m'a fait profiter de son expérience de la grêle, de sa connaissance des travaux, notamment internationaux, sur ce sujet. Son aide fut précieuse dans le traitement des données grêlimétriques fournies par l'Association Nationale d'Etude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques.

Je remercie J.P. Vigneau, professeur à l'Université Paris X-Nanterre et Y. Veyret, professeur à Paris VII, d'avoir accepté de participer au jury et d'accorder de leur temps à la lecture de ce travail.

La thèse est une incessante remise en cause des savoirs acquis, une incessante découverte de nouvelles façons de travailler, de nouvelles techniques. Ce travail fut l'occasion de rencontrer de nombreuses personnes intéressées au problème de la grêle et soucieuses de m'aider.

C'est en collaboration avec le Groupement National d'Etude des Fléaux Atmosphériques (GNEFA), que j'ai traité les données Météo-France et celles de l'Argus de la Presse et dont l'immense documentation accumulée depuis plus de vingt ans m'a été d'un grand secours. Eric Thébault, responsable de la bonne marche du GNEFA, s'est montré intéressé par mon travail et n'a jamais ménagé son aide. J.F. Berthoumieu et son équipe ne furent point avares de renseignements et m'ont permis l'accès aux enregistrements grêlimétriques de l'Association Climatologique de Moyenne-Garonne (ACMG). Madame Dulenc m'a facilité l'accès aux données grêlimétriques de l'ANELFA et Didier Dutrey, technicien de l'ANELFA, m'a fourni de nombreuses informations sur le fonctionnement du réseau grêlimétrique.

Le traitement des données assurancielles a été facilité à Groupama central par Rémi Cornec qui n'a pas ménagé son temps pour rechercher et préparer les nombreuses données sur lesquelles j'ai pu travailler librement. Je remercie également Mesdames Pauvert et Peyrot et Monsieur Guilhaumet de Groupama ainsi que Nicolas Chatelain de la Soréma pour leurs explications des mécanismes complexes de l'assurance sur récolte. Je tiens à souligner que j'ai toujours reçu un bon accueil auprès des responsables des différents services des Caisses Régionales de Groupama (en particulier Monsieur Bouvier de Groupama Montélimar).

Je remercie les membres de l'APSAD, relayés par Monsieur Verhnes, pour la fourniture des données du marché APSAD. Messieurs de Beaucaron et Chappaz, de la

Remerciements

société L'Étoile, m'ont fourni des archives sur l'histoire de l'assurance-grêle et des explications précieuses dans le fonctionnement de l'assurance. Je les remercie de leur disponibilité.

Helga Scarwell a bien voulu relire les aspects juridiques de ce travail.

Mes remerciements vont également à Luc Boucher et Pierre Banc de la Fédération Nationale des Producteurs de Fruits et à François Langellier du CIVC qui a permis l'installation de grêlimètres dans le vignoble de Champagne.

Je n'oublierai pas non plus l'aide de Pierre Carréga et Jean-Pierre Laborde de l'Université de Nice dans le traitement statistique des données climatologiques. Merci aussi à Yves Richard de l'Université de Dijon pour la fourniture de données climatologiques, à Monique Bécu et Jenny Dupuy pour leur aide dans les démarches administratives.

J'ai trouvé à l'Institut de Géographie et d'Aménagement Régional de l'Université de Nantes un environnement favorable à la recherche. Je remercie les directeurs successifs de l'IGARUN Messieurs Bousquet, Marcadon et Miossec pour leurs encouragements. Patrick Pottier et Marc Robin m'ont facilité l'accès à l'IMAR où j'ai pu utiliser des outils informatiques nécessaires à mon travail. Françoise Debaine m'a apporté une aide précieuse dans la manipulation du SIG Mapinfo et je l'en remercie une nouvelle fois. Ma tâche eût sans doute été plus difficile sans les compétences des cartographes André Dubois et Nicole Duchêne-Marullaz, virtuoses du logiciel Adobe Illustrator. Monsieur Lermite, fidèle à son poste de bibliothécaire, a toujours été soucieux de faciliter mon travail et je l'en remercie. La tentation est forte de vouloir saluer tous les collègues avec qui j'ai plaisir à travailler à l'IGARUN. J'ai apprécié au cours de ces années le soutien, discret mais constant, de mon collègue Yves Trouboul et je le remercie pour ses relectures. J'aurai une pensée particulière pour Denis Mercier et Valérie Jousseau qui, de collègues, sont devenus amis. Leur soutien moral et leur expérience de jeunes docteurs ont été stimulants, en particulier dans la phase de rédaction et de mise en page. Je leur souhaite du succès dans leurs projets professionnels et familiaux.

Dans la phase ultime du travail, Jean-Paul et Jacqueline Leconte, François Cadiou se sont acquittés avec patience et compétence de la tâche ingrate de relecture. Je les en remercie chaleureusement. Merci à Anne-Gaëlle et Patrick pour les traductions.

Merci à Claire pour son soutien au quotidien, ses relectures attentives et son aide non comptée dans la phase de mise en page.

Enfin, je remercie Hélène et Jean-Denis ainsi que mes parents pour leur patience et leur compréhension.

Introduction générale

1- Les risques naturels

1.1- Une préoccupation sociale et scientifique grandissante

Depuis une vingtaine d'années, les questions gravitant autour des risques naturels et technologiques sont rapidement venues au centre des préoccupations scientifiques, socio-économiques ou politiques (Lagadec P., 1981 ; Theys J. et Fabiani J.L., 1987 ; Le Breton D., 1995).

Pour les seuls risques naturels, de graves sinistres (depuis la sécheresse sahélienne jusqu'au séisme de Kobé en passant par le cyclone Andrew), que les médias attribuent d'office, par commodité, au fameux effet de serre et autres niños, ont sensibilisé les opinions et donné du grain à moudre aux scientifiques : climatologues, géologues, géomorphologues... Les années 1990-2000 ont été décrétées "Décennie Internationale pour la Réduction des Risques naturels"¹ par les Nations Unies.

Les fléaux naturels (crues, glissements de terrain, séismes...) font, ont fait et feront toujours partie de l'environnement et de l'histoire des sociétés. Ils n'indiquent aucun dérèglement du système naturel dont ils porteraient la responsabilité et ils ne les menacent ni plus ni moins que par le passé. Il se trouve seulement que l'augmentation du nombre des hommes et leur concentration croissante renforce souvent l'ampleur des dommages. Cela étant, tout risque est relatif et son impact reste subordonné à l'attitude que la société adopte face à la menace qu'il représente. La réflexion était entamée depuis longtemps

¹ L. Faugères, 1991 p.183 soulève le problème de traduction des termes relatifs aux risques naturels. L'Assemblée Générale des Nations Unies a adopté dès 1987 une résolution en faveur de l'ouverture d'une "International Decade for Natural Hazards Reduction", le mot de "Hazard" a ensuite été remplacé par "Disaster". En français, "risque" et "prévention" n'ont pas le même sens que les "Hazard" et "Reduction" de la langue anglaise.

(Bryant, 1991) mais cette récente montée en puissance des risques au coeur de la scène scientifique internationale s'explique par plusieurs facteurs :

- D'une part, la **densité de l'occupation humaine** à la surface du globe a augmenté et s'est concentrée spatialement.

- D'autre part, la **technicité**, les **aménagements** de plus en plus lourds, s'ils procurent des facilités nouvelles, s'ils libèrent de certaines contraintes, augmentent la vulnérabilité de nos sociétés.

- Cette augmentation de la vulnérabilité de nos sociétés se double d'une **diminution du seuil d'acceptation de cette vulnérabilité**. Lucette Davy (1996, p.6) dans l'introduction à l'ouvrage *"les Français dans leur environnement"* remarque que "nos sociétés sont devenues plus vulnérables, parce que nos modes de vie sont plus artificiels. Telle chute de neige qui coupe l'alimentation en électricité est considérée aujourd'hui comme une catastrophe. Qui s'en souciait, il y a un siècle ?" Nos sociétés recherchent un hypothétique "risque zéro". Mêmes constatations pour Renaud Vié Le Sage (1989, 1991) pour qui la vulnérabilité est au centre du problème des catastrophes naturelles.

-Du côté des scientifiques, un courant épistémologique de fond annonce la fin des certitudes scientifiques positivistes. Le **nouveau paradigme scientifique** (Morin E., 1986 ; Gleick J., 1991 ; Prigogine et Stengers, 1979) est fondé sur la complexité, le déterminisme chaotique et la multicausalité, autant de notions étroitement liées à celle de risque.

- Enfin, il faut tenir compte du réchauffement global de la planète, des **tendances supposées ou avérées du climat** qui, si les manifestations tardent à s'imposer, n'en sont pas moins présentes dans les esprits et influencent nombre de programmes scientifiques. Les tendances naturelles (augmentation de la température du globe, augmentation du nombre de cyclones ?....) sont difficiles à détecter dans le bruit de la variabilité interannuelle.

1.2- Les climatologues français et les risques climatiques

En fait, les climatologues comme de nombreux géomorphologues ou autres géographes dits "physiciens" participent au courant qui, depuis une vingtaine d'années, a mis les risques au coeur des préoccupations sociales et en a fait l'un de pôles de la recherche scientifique. Comme le rappelle J.R. Pitte dans la préface de l'ouvrage *"les*

Français dans leur environnement" (Neboit-Guilhot R., Davy L. s. d., 1996, p.3), "risques, contraintes, impact des aménagements sur l'environnement, qualité de l'air, de l'eau... sont aujourd'hui entrés dans les préoccupations scientifiques de la majeure partie des géographes. La discipline répond en cela à une demande sociale clairement exprimée." L'investissement et la production des géographes sont grands dans le domaine de ces risques, par ailleurs fortement médiatisés (Garry G., 1990 ; Ledoux B., 1995 ; Flageollet J.C., 1988 pour ne citer que quelques exemples).

L. Faugères (1991) retrace l'apparition à la fin des années quatre-vingt des sciences cindyniques (du grec kindynos = danger) en France. Il a défini les bases d'une géocindynique recouvrant "l'étude des facteurs et des manifestations d'un certain nombre de types de risques, identifiés comme risques naturels, qui affectent la surface de la Terre où ils déterminent tout un éventail d'interactions avec le domaine socio-économique" (p. 186).

Les géographes-climatologues en France et à l'étranger ont depuis des années intégré dans leurs préoccupations les risques naturels d'origine climatique. Le colloque de Paris en 1986 (AFGP, 1986) et celui de Dijon en 1996 (Lamarre D. s.d., 1997) sont là pour témoigner à dix ans d'intervalle de cette préoccupation constante. Il est peu de climatologues qui n'aient, à un moment ou à un autre de leur recherche, traité du risque climatique, que ce soit le risque orageux (Gravier J., 1986 ; Gravier J. et Roussel I., 1997), le risque de sécheresse (Dubreuil V., 1994), d'inondation (Roussel I., 1990a et b). Sans aller jusqu'à affirmer comme J.P. Marchand que la climatologie est une science sociale, les climatologues ont intégré dans leurs problématiques les rapports climat/société au travers de problèmes tels que la pollution (Roussel I., 1997), les rapports entre climat et santé (Besancenot J.P., 1996).

Cette ouverture peut se faire sans renonciation aux principes de bases de la climatologie. Ainsi P. Pagney (1996a, p.36) trouve quelques accents d'union en situant la climatologie "dans un cadre où apparaît la spécificité géographique : l'organisation de l'espace climatique pris en lui-même et dans ses rapports avec les hommes". Ces deux principes forment la ligne de conduite de cette thèse. De la climatologie "diagnostique" à la topoclimatologie, les problématiques en jeu sont étroitement liées aux échelles spatiales retenues. La géographie est lien, et la climatologie géographique doit être lien entre les différentes échelles d'observation des phénomènes, lien entre les sciences physiques et les sciences sociales, entre les physiciens de l'atmosphère et les acteurs socio-économiques subissant les risques naturels.

2- Quelle climatologie pour la grêle ?

Avant de revenir en détail sur la notion de risque, voyons comment la grêle peut être définie et sous quel angle nous avons choisi de l'étudier.

2.1- Définition de la grêle

La grêle est *a priori* une précipitation aisément identifiable par sa nature. Il est couramment admis qu'elle est constituée de grains de glace d'au moins 5 mm de diamètre et de densité proche de 0,9 ce qui la différencie de la neige, beaucoup plus légère. Les précipitations solides de moins de 5 mm de diamètre sont appelées "grésil". Ce dernier est parfois constitué de neige roulée ou de glace à demi fondue mais aussi parfois de glace très compacte. Le seuil métrologique de 5 mm, purement arbitraire, ne sera pas au coeur de nos préoccupations. Notre objectif n'est pas de dresser une climatologie de la grêle dans sa totalité, en tant que phénomène atmosphérique, mais de la grêle potentiellement dommageable.

2.1.1- La grêle dommageable

Les chutes de grêle sont nombreuses au printemps. Elles accompagnent traditionnellement les giboulées de mars. Mais qui pourrait dire à quand remonte la dernière chute de grêle de printemps ? Personne assurément et c'est normal tant ces chutes de grêle sont insignifiantes. En revanche, lorsque l'on sonde les mémoires, il est rare qu'une personne n'ait pas en souvenir une chute de grêle destructrice. Celle du 18 juillet 1983 sur la ville de Nantes a marqué les esprits : vitres fracassées, toitures endommagées ou automobiles cabossées. La grêle dont on se souvient est celle qui détruit, c'est la grêle dommageable. C'est elle qui entre dans le cadre des risques naturels.

C'est donc à partir du moment où elle est potentiellement dommageable que la grêle rentre dans notre champ d'étude. Dans cette optique, la définition métrologique de la grêle et la distinction entre le grésil (moins de 5 mm de diamètre) et la grêle proprement dite (5 mm et plus) n'a guère d'importance. En effet, un grêlon très dur et très dense de 4 mm de diamètre pourra provoquer des dégâts alors qu'un grêlon plus ou moins fondu ou formé de neige roulée de 6 mm de diamètre pourra n'avoir aucune conséquence.

2.1.2- Un phénomène rare et difficile à saisir

Si l'on s'en tient aux définitions de Péguy (1989) qui attribue l'adjectif "rare" à tout phénomène d'une durée de retour supérieure à 5 ans et "exceptionnel" pour une durée de retour de 20 ans, soit une récurrence moyenne de cinq fois par siècle, une chute de grêle dommageable est un phénomène plutôt exceptionnel. Mais tout dépend du seuil de dommage et de la région considérée.

En plus de sa rareté, la grêle est un hydrométéore difficile à étudier car éphémère (tableau 1). Si un observateur n'est pas présent au moment de la chute de grêle, les grêlons auront fondu au bout de quelques minutes et il sera alors impossible de les étudier (diamètre, nombre...). La grêle est donc souvent abordée à partir des traces qu'elle laisse, entre autres les dégâts.

Tableau 1 - Comparaison entre la grêle et quelques autres fléaux climatiques

fléau climatique	grêle	crue cévenole	inondation (Loire, Saône)	sécheresse
durée*	quelques minutes	quelques heures	plusieurs semaines	plusieurs mois
Fréquence*	plusieurs dizaines de chutes par an	un événement par an en moyenne	un événement tous les 2 ans	un événement tous les 5 ans
espace touché par événement*	10 à 100 km ²	qlq 10 km ²	plusieurs 100 km ²	100 à 300 000 km ²
dégâts	blessés exceptionnels, dégâts sur bâtiments et véhicules rares, dégâts aux cultures	victimes, dégâts sur tous biens (agricoles, bâtiments, véhicules)	peu de victimes, dégâts sur bâtiments	dégâts agricoles ou sur bâtiments

* données chiffrées indicatives pour la France

2.1.3- La connaissance de la grêle est fortement conditionnée par la demande sociale

C'est peut-être cette rareté et cette évanescence qui a bridé les études de climatologie sur la grêle. La dernière étude de Météo-France traitant spécifiquement de la grêle date de... 1961 (R. Genève). En dehors de quelques études, fort précieuses car bien esseulées (Castet J. et Deyries P., 1970 ; Dessens J., 1986), la littérature climatologique concernant la grêle en France est pratiquement inexistante. Il faut reconnaître que l'état des données disponibles ne s'y prêtait guère. Ce n'est que depuis une dizaine d'années que des instruments spécifiques, les grêlimètres, mesurent en France l'intensité des chutes de grêle.

En réalité, la connaissance de la grêle progresse sous la pression de la demande sociale. Face au désintérêt des climatologues, les physiciens de l'atmosphère et les météorologues alignent une bibliographie impressionnante sur la formation de la grêle, les caractéristiques des grêlons, les types d'orages grêligènes... Ces études sont motivées par la lutte active contre la grêle. Depuis une quarantaine d'années, de nombreux programmes de lutte anti-grêle ont vu le jour partout dans le monde. Leur objectif est d'agir chimiquement sur les nuages afin de réduire les chutes de grêle. Les enjeux scientifiques et économiques de cette lutte antigrêle sont considérables en particulier pour l'agriculture des régions les plus grêlifères. Trois de ces programmes nous serviront de référence : le programme Grossversuch IV (annexe 4) auquel ont participé la France, la Suisse et l'Italie de 1977 à 1983 et les deux programmes actuellement en cours dans le sud-ouest de la France et dirigés par l'Association Nationale d'Etude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques (ANELFA) et l'Association Climatologique de Moyenne-Garonne (ACMG).

2.2- Les enjeux du risque-grêle

La grêle n'est pas un risque catastrophique au sens où l'entendent Pierre Pagney (1994) ou Ch. P. Péguy (1989). Elle n'a jamais causé de victimes, du moins en France, et n'a pas créé de bouleversements sociaux comme peuvent le faire les cyclones dans les Antilles par exemple (Pagney F., 1997). Cependant, la grêle fait plus d'un milliard de francs de dégâts par an, en moyenne, en France. En 1993, l'année la plus grêlifère depuis 1971, les assureurs ont déboursé plus de deux milliards de francs pour indemniser les seuls dommages agricoles. Il faut ajouter à cela les dommages sur les cultures non

-assurées qui doubleraient pratiquement ce montant, sans parler des dégâts sur les bâtiments et les automobiles plus rares mais non moins coûteux.

Les dégâts les plus graves touchent l'agriculture. Les récoltes annuelles de raisins, de fruits ou de céréales peuvent être détruites par une chute de grêle, obligeant parfois l'agriculteur à s'endetter voire à déposer le bilan. Une récolte perdue ne se remplace pas, elle est compensée éventuellement par l'assurance. L'agriculteur doit donc intégrer le risque de chute de grêle dans la gestion de son exploitation. C'est surtout le cas pour les cultures fragiles comme la vigne ou les fruits. L'agriculture est encore le secteur économique où le climat exerce le plus d'influence sur les résultats économiques. Chaque exploitant doit intégrer le risque climatique dans la gestion de son entreprise. Se pose donc la question de la gestion du risque-grêle tant à l'échelle micro-économique (l'exploitation) que macro-économique (France entière). Les moyens de gérer le risque sont nombreux entre l'assurance, la protection par les filets, la lutte active... Quels sont les modes de gestion les mieux adaptés à telle ou telle exploitation ? Quels sont les critères de choix du mode de gestion ?

Entre la grêle des physiciens et celle des agriculteurs ou des assureurs, il y a un vide qui nous semble relever de la compétence des géographes.

Le risque fait peur au géographe physicien habitué aux observations rigoureuses, concrètes, inscrites dans le paysage. Or, le risque est une éventualité, une hypothèse, une probabilité. "Le risque climatique potentiel est l'attente de l'accident; le risque réel, sa manifestation ; le risque aléatoire, son éventualité" (P. Pagney, 1994, p. 31). Finalement, le risque est composé à 99 % d'absence. Pourquoi le risque peut-il et doit-il être traité par le géographe ?

3- Une géographie du risque-grêle et ses implications

3.1- La notion de risque

L'origine du mot "risque" est incertaine. Le mot viendrait de l'Italien *resicare* : "écueil qui coupe le navire" ou "risque partagé entre deux parties contractantes" Le mot a été lié très tôt aux assurances maritimes qui se sont développées en Italie dès le XV^{ème} siècle. Il est passé dans le langage commun sous deux acceptions (Bessis, 1984, p.13) :

La première est liée à la probabilité d'occurrence d'un événement potentiellement dommageable : on dira "le risque d'accident est grand sur cette route par temps de pluie".

Allusion est faite plutôt au caractère aléatoire de la cause, à l'incertitude née de l'agent cindynogène.

Le deuxième aspect que recouvre le mot "risque" est lié à l'ampleur de la perte éventuelle, l'enjeu, comme dans l'expression "je risque gros..." ou "l'affaire que vous me proposez présente de gros risques". L'allusion porte plutôt sur la conséquence.

Le risque est donc l'éventualité, la probabilité, la possibilité, l'attente (on sait ce que l'on va subir, mais on ne sait pas quand) de l'accident, du phénomène dommageable. C'est aussi un enjeu, une mise, un bien que l'on expose, consciemment (prendre un risque) ou non (courir un risque). Bessis note que la fluidité du terme de risque rend difficile tout essai d'élaboration d'un concept clair. "Il ne paraît pas possible de trouver à la notion de risque un contour objectif suffisamment large pour englober tous les cas de figure où le mot peut s'employer. On ne parvient pas à donner à ce terme une assise rationnelle *omnivalente*."..mais il reste "la possibilité de restreindre arbitrairement ... le champ d'application de cette notion, de lui donner un contenu objectif limité" (Bessis J., 1984, p.14). Aussi tenterons-nous d'énoncer les implications du mot "risque".

3.2- Ses implications en géographie

Le risque requiert un **agent cindynogène *a priori* aléatoire** c'est-à-dire dont on ne connaît pas les lieux et temps de l'action. Lorsque la cause première du risque est humaine (même si des facteurs naturels peuvent intervenir), on parle de risque anthropique (comme la pollution atmosphérique, voir Roussel I., 1997). Pour la grêle, l'agent cindynogène est naturel, on parlera de risque d'origine naturelle.

Le terme normalement consacré pour décrire les caractéristiques et les modalités d'action de phénomènes naturels cindynogènes est l'aléa. Ce mot est employé par la Délégation aux Risques Majeurs mais il recouvre à nos yeux un sens trop restrictif. En effet, le terme d'aléa laisse supposer que le phénomène naturel potentiellement dommageable frappe n'importe où et n'importe quand. Or l'analyse spatiale des chutes de grêle, qui sera l'objet de la première partie de cette thèse montre que les chutes de grêle dommageables obéissent à une certaine logique de répartition spatio-temporelle. Le terme d'aléa ne résiste pas à l'analyse spatiale du phénomène naturel. Les analyses stochastiques mettent en évidence des "logiques de l'aléatoire" (Péguy Ch. P., 1989, p.80) ou des "certitudes du hasard" (Boll M., 1947). Nous préférons à "aléa", l'expression de "risque-agent" que nous empruntons à R.H.Millot (1969). Le risque-agent est en quelque sorte l'aléa replacé dans ses logiques spatio-temporelles (l'aléa spatialisé) et dans ses implications socio-économiques.

C'est la méconnaissance de cet agent et de ses modalités d'action qui est source d'**incertitude**.

Mais le risque implique la présence d'un **enjeu socio-économique** exposé à cet agent naturel, c'est le **risque-objet**.

Le risque naturel impose donc des agents naturels et des enjeux socio-économiques. Le **dommage** est à la rencontre, à l'interface des deux.

Le risque naturel ou plutôt "d'origine naturelle" comme préconise de l'appeler J.P. Gout (1993) est donc au coeur des relations sociétales avec le milieu naturel.

Il faut donc considérer les réactions de l'Homme face au risque de dommage : c'est la **gestion du risque** avec ses aspects psychologiques, économiques, sociaux, politiques...

Le risque d'origine naturelle s'inscrit dans l'espace. "Les risques s'insèrent dans des échelles spatiales et temporelles. C'est là où s'opère le plus clairement la relation des facteurs naturels et humains" (Pagney P., 1994, p.31). Le risque est **spatialisé**. On ne peut pas parler de risque sans parler de **zone à risque**. La géographie se charge d'étudier et d'expliquer la répartition spatiale du risque.

Si le risque est spatialisable, si l'on peut déterminer des zones où le risque est plus ou moins fort, c'est parce que le **risque est mesurable**, au moins en terme de probabilité. La grêle dans tel endroit ne tombera en moyenne qu'une fois tous les cinq ans et dans telle autre région une fois par an (ce qui ne veut pas dire *tous* les ans, ni *qu'une* fois par an). La connaissance du risque est avant tout fondée sur la définition de zones de risque plus ou moins élevé. L. Faugères (1991, p.186) insiste sur cette dimension spatiale : "La connaissance de ces caractéristiques géographiques du risque constitue une base indispensable pour définir des politiques de prévision, de prévention et de réparation" ou de compensation comme la pratique l'assurance en déterminant des zones de tarifs différents. De la détermination de zones à risques et de la prise en compte des différenciations spatiales dépend en grande partie une bonne gestion du risque.

3.3- Les sources

Les études sur les risques naturels concernent surtout les risques catastrophiques (Pagney P., 1994 ; Gout J.P., 1993 ; Bryant E., 1991...) dont les manifestations sont clairement identifiables. L'approche est souvent phénoménologique car, comme le rappelle L. Faugères (1991, p.188) "c'est à travers l'analyse sur le vif ou *a posteriori* de manifestations de risques naturels...qu'est effectuée la recherche des causes (processus, facteurs, agents)" très pratiquée par les géographes français. L'approche

phénoménologique du risque-grêle (Vinet, 1994c) est vite rendue inefficace par le nombre d'averses de grêle qui tombent chaque année en France. Le risque-grêle pris à l'échelle de la France tient à l'accumulation d'averses de grêle sur le territoire et non pas à un ou deux événements paroxysmiques. Nous avons donc recherché des moyens d'apprécier statistiquement la répartition du risque-grêle en France.

L'appréhension d'un phénomène climatique aussi rare et insaisissable que la grêle nécessite le croisement d'un maximum de sources statistiques. Les sources que nous avons utilisées sont pour la plupart inédites en climatologie géographique. Le tableau 2 présente les principaux supports statistiques afférents directement à la grêle.

Le risque-agent peut être appréhendé par diverses sources :

---> Les séries climatologiques des stations Météo-France ont l'avantage de s'inscrire dans la durée (35 ans) et de couvrir l'ensemble de la France. Ce sont des observations visuelles qui indiquent seulement l'occurrence d'une chute de grêle sans quantifier la chute. Le diamètre des grêlons est parfois mentionné dans les Tableaux Climatologiques Mensuels (TCM) mais la vérification manuelle des TCM pour les 76 stations retenues et les 35 années était matériellement impossible.

---> Autre source occurrence : les articles de presse. Ils sont recueillis par l'Argus de la Presse, service parisien qui recense tous les articles de presse contenant un mot-clé donné, en l'occurrence le mot "grêle". Abonné à ce service, le Groupement National d'Étude des Fléaux Atmosphériques (GNEFA) a mis à notre disposition plusieurs milliers d'articles de presse mentionnant les communes touchées par la grêle depuis 1990. Ces articles sont également précieux pour l'étude des conséquences socio-économiques de la grêle car ils fournissent des descriptions détaillées des dégâts.

---> La troisième source apte à quantifier le risque-agent est la grêlimétrie. Le grêlimètre est un appareil composé d'une plaque de polystyrène extrudé posée sur un support métallique. Le polystyrène se déforme sous les impacts des grêlons. Il suffit ensuite de compter et mesurer les impacts pour quantifier l'énergie de la chute de grêle. Plus de 1500 grêlimètres équipent les départements du sud-ouest de la France depuis 5 à 10 ans. Ils sont gérés par deux associations l'Association Nationale d'Etude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques (ANELFA) et l'Association Climatologique de Moyenne-Garonne (ACMG) qui nous ont permis d'accéder sans restriction aux enregistrements grêlimétriques.

Tableau 2 - Principales sources de quantification et de spatialisation du risque-grêle en France

<i>nature des données</i>	article de presse	grêlimétrie		occurrence de grêle	capitaux assurés et coût des dommages dus à la grêle	
<i>émetteur</i>	Argus de la Presse	ANELFA	ACMG	Météo-France	APSAD	Groupama
<i>espace couvert</i>	France	13 départements dans le Sud-Ouest+Cher, Loire, Drôme...	Moyenne Garonne	France (79 stations)	France	Une trentaine de départements sur 1970-1993. France entière de 1994 à 1996
<i>période couverte</i>	mai à octobre 1990-1996	de 1 à 10 saisons selon les stations (1987-1996)		1961-1995	1982-1996	(1970)-1994-1996
<i>échelle d'analyse</i>	commune	ponctuelle, stationnelle		stationnelle	département	département
<i>intérêt</i>	C'est la grêle ressentie, vécue. Description des dégâts.	Mesure "quantitative" de la grêle : intensité des chutes de grêle.		Longue série	Quantification des enjeux financiers et des dommages de la grêle	
<i>limites</i>	Source qualitative. Les quantifications ne sont souvent que des estimations.	Séries encore récentes. Différences de calibration.		Pas d'intensité, seulement occurrence	Les données exhaustives (Groupama + Apsad) ne datent que de 1994. Pas de chiffrage des dommages sur véhicules ou bâtiments	

Pour l'étude des dommages de la grêle, la source quasi-exclusive est l'assurance.

Nous avons vu qu'il s'agit là d'une originalité de la grêle d'être couverte par l'assurance. Depuis deux siècles, les assureurs ont accumulé les chiffres de dommages causés par la grêle. En 1998, un peu plus d'une vingtaine de compagnies pratiquent l'assurance grêle en France. Seuls les dommages sur les récoltes sont dûment quantifiés. Le montant des dommages sur les bâtiments et véhicules n'est pas disponible (sauf dans le cas d'études ponctuelles). Évidemment, l'utilisation des statistiques-dommages pour quantifier et cartographier la grêle nécessite d'innombrables précautions. Il nous appartiendra de choisir le ou les indicateurs reflétant de la manière la plus fidèle qui soit l'intensité et la fréquence du phénomène climatique en évacuant dans la mesure du possible les effets de biais dus aux types de culture ou aux modalités particulières de l'assurance.

Nous reviendrons en détail sur toutes ces sources au cours du développement de cette thèse tout comme nous introduirons en temps voulu des sources non spécifiques à la grêle comme les données du SCEES-Ministère de l'Agriculture relatives aux cultures (surfaces cultivées, valeur des productions) qui forment, comme nous l'avons dit, l'enjeu économique majeur du risque-grêle.

Une grosse partie de nos informations non quantitatives, en particulier celles liées à la gestion du risque, ont été glanées au cours de sorties sur le terrain organisées par la Fédération Nationale des Producteurs de Fruits (FNPF) ou le GNEFA. Les études statistiques des dommages ont été guidées par des entretiens avec des experts d'assurance ou les assureurs eux-mêmes. La participation au comité de pilotage des enquêtes FNPF-ONIFLHOR sur le risque-grêle en arboriculture (1996) nous a permis de rencontrer les acteurs de la gestion du risque-grêle. Nul doute que l'appréhension du risque-grêle se situe autant dans ces contacts informels que dans les sources statistiques.

3.4- L'espace d'étude : la France

Lors d'études précédentes, notamment le DEA, nous avons montré comment le problème de la grêle pouvait être abordé au plan statistique (Vinet, 1994b) ou phénoménologique (Vinet, 1994c). Les études de la grêle à l'échelle locale ou régionale ne sont pas dénuées d'intérêt mais le cas du Maine-et-Loire (Vinet, 1994a) nous a montré les limites de l'étude locale qui confine à la monographie renouvelable autant de fois qu'il y a de départements ou de régions agricoles.

Le choix de la France entière peut apparaître ambitieux pour une thèse de Doctorat mais cette échelle de travail s'est vite imposée et ce, pour plusieurs raisons :

-La première est dictée par la problématique de départ, celle du risque. La gestion du risque se fait essentiellement à l'échelon national. Les acteurs du système de cette gestion (assureurs, Etat, organisations agricoles) ont des logiques macro-économiques...

-La deuxième raison du choix de l'échelle nationale est liée à la nature du phénomène grêle. La grêle est un phénomène rare et à forte variabilité. Il faudrait, à l'échelle locale, des séries statistiques longues et précises (que nous ne possédons pas) pour conclure. Les données climatologiques disponibles actuellement, ne permettent pas de dresser une géographie fine du phénomène sauf dans certains secteurs très précis. La climatologie de la grêle nécessite un certain lissage spatial. De plus, c'est un risque climatique direct. Le risque n'est pas concentré, comme pour les inondations, dans certains lieux connus et circonscrits. La grêle peut affecter n'importe quel point du territoire national. Il eût été difficile de tracer des limites climatologiques à l'échelle fine sans qu'elles soient accompagnées de fortes marges d'incertitudes.

Enfin, les sources permettant de quantifier les dommages de la grêle émanent de l'assurance. Or pour des raisons de secret commercial bien compréhensible, les compagnies d'assurance (sauf cas particulier) rechignent à donner le montant des dommages causés par la grêle à une échelle inférieure à celle du département.

Le choix de la France s'est donc fait dans un souci de cohérence du sujet. Il n'exclut pas des études plus fines qui viendront sans doute avec l'affinage des données climatologiques et socio-économiques. Pour des raisons évidentes (climats et cultures différentes), les Territoires et Départements français d'Outre-Mer ont été exclus de l'étude.

4- Problématique

Le sujet central de cette thèse est de définir l'articulation entre un phénomène naturel, les dégâts qu'il provoque et les moyens mis en oeuvre pour gérer le risque qu'il représente.

Le risque procède de la rencontre et de l'interférence de deux systèmes de causalité étrangers l'un à l'autre, dont l'un participe de l'ordre naturel et l'autre du champ d'action de la société. Quelles sont les parts respectives du naturel et du socio-économique dans la géographie du risque-grêle en France ? Y a-t-il coïncidence géographique entre le risque

socio-économique et l'intensité du phénomène naturel ? La définition de la géographie du risque-grêle n'est pas aisée car elle est étroitement dépendante des sources statistiques. Une des particularités de la grêle est d'être mesurée à la fois physiquement par des réseaux climatologiques mais aussi, du fait de sa couverture par l'assurance, par les dommages quelle cause aux cultures. Cette double mesure est quasiment unique. Les autres risques climatiques (tempête, gel ...) sont encore mesurés presque exclusivement à partir des données climatologiques. Cependant, il faut se demander dans quelles conditions ces deux méthodes de mesure sont comparables. N'y a-t-il pas dans la mesure socio-économique du risque (les dommages financiers engendrés par la grêle) des biais, des filtres, comme le type de culture ou les modalités d'assurance, qui empêcheraient d'accéder à une vision exacte du phénomène climatique ? Finalement, la géographie des dommages peut-elle rendre compte de la réalité d'un aléa climatique ?

L'autre question centrale de cette thèse est celle de la gestion du risque-grêle, c'est-à-dire l'insertion du risque climatique dans l'économie et la société. Depuis plusieurs années, les climatologues ont insisté, Pagney (1994) en tête, pour faire admettre que la variabilité des phénomènes climatiques fait partie de l'identité climatique d'une région ou d'une zone. La grêle, même rare et imprévisible, est inscrite dans les climats baignant le sol français. Quels sont les moyens à disposition des agriculteurs pour gérer le risque de grêle ? La gestion du risque-grêle est-elle fortement influencée par l'aléa ou répond-elle à d'autres mécanismes purement socio-économiques ? Comment, à l'échelle de l'exploitation agricole, intégrer la grêle dans la gestion quotidienne de l'entreprise ? Le développement durable de l'agriculture française va dans le sens d'une réduction des aléas externes, qu'ils soient d'origine naturelle ou socio-économique. Comment ce développement peut-il réduire le coût et les incertitudes nées des externalités climatiques ?

La place du risque-grêle dans la géographie climatique de la France et sa gestion par le système socio-économique sont les deux aspects-clés que nous aborderons dans ce travail.

5- Démarche et plan

En englobant les aspects tant naturels qu'humains du risque, nous avons voulu construire une démarche applicable à d'autres risques et d'autres espaces. Cette démarche consiste à identifier, quantifier, expliquer et spatialiser d'une part le phénomène naturel potentiellement dommageable, d'autre part les enjeux et les dommages socio-économiques (figure 1).

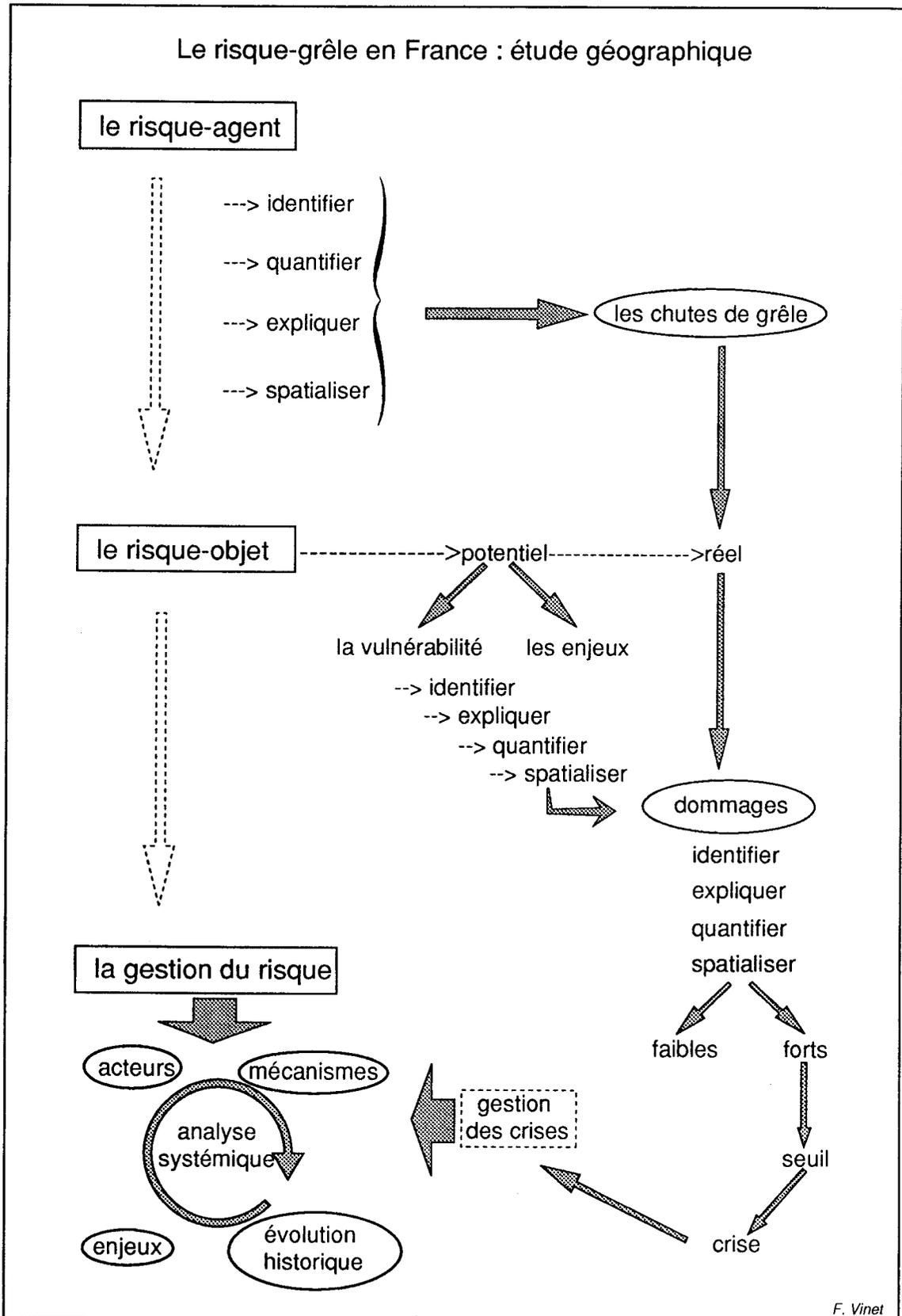


Fig. 1 - Démarche générale pour l'étude du risque-grêle

La première étape dans la définition et la spatialisation concerne le risque-agent. L'étude du risque-agent "grêle" n'est pas une climatologie exhaustive de la grêle en France mais la climatologie de la grêle potentiellement dommageable. Elle s'énonce en termes de fréquence, d'intensité, de processus, de zonation.

Après l'étude du risque-agent, nous nous intéresserons aux facteurs cindynogènes gravitant autour du **risque-objet**. Le risque-objet, ce sont les biens vulnérables exposés au risque-agent. Le risque-objet potentiel peut être évalué *ex-ante* par l'étude de la vulnérabilité des biens et de leur valeur. Tous les biens ne sont pas sensibles aux chutes de grêle. Les plus sensibles sont les cultures et en particulier les cultures fruitières. L'essentiel de notre travail concerne le **risque-grêle sur récolte**. Le risque est mesuré *a posteriori* par les **dommages socio-économiques** et les pertes financières causées chaque année par la grêle. En confrontant la géographie du risque-agent et celle du risque-objet, on a une image assez précise du risque-grêle dans sa globalité.

La troisième étape est l'étude de la prise en charge et de la **gestion du risque** par la société. Les moyens de gérer le risque-grêle sont nombreux. Les acteurs socio-économiques impliqués dans sa gestion le sont tout autant, agissant de façon parfois complémentaire parfois concurrente. **L'approche systémique** est rendue nécessaire par la complexité des rapports entre les acteurs. Les assureurs, les agriculteurs, les Pouvoirs publics, les associations de lutte active... forment le système de gestion du risque-grêle. Alors que les deux premières parties étudient le risque plutôt dans ses dimensions spatiales, la gestion du risque est abordée sous l'angle diachronique. Le début des années 90 a connu une recrudescence exceptionnelle des chutes de grêle qui a provoqué une **crise du système de gestion du risque-grêle** en France. Cette crise a été pour nous un excellent prétexte à la dissection des jeux d'acteurs, des conflits d'intérêts et des enjeux socio-économiques gravitant autour du risque-grêle. Nous verrons comment la gestion du risque-grêle dépend des évolutions de l'agriculture et comment, finalement, la société doit en permanence adapter sa gestion des risques naturels.

La première partie de la thèse étudie la géographie du **risque-agent**. L'objectif majeur étant la spatialisation de la grêle potentiellement dommageable.

La deuxième partie étudiera les **dommages** de la grêle en France d'abord par l'appréhension de la **vulnérabilité** et des **enjeux financiers** puis en confrontant ce risque-objet potentiel au risque réel mesuré c'est-à-dire les dommages. Le terme de dégâts

sera plutôt réservé à la description physiologique des conséquences de la grêle alors que le terme de dommages désignera les conséquences financières des chutes de grêle.

L'ultime étape sera consacrée à l'étude de la **gestion du risque-grêle** en insistant sur la complexité des relations entre les acteurs de la gestion du risque, sur les facteurs géographiques et historiques qui influencent cette gestion et sur le rôle des crises dans l'évolution diachronique de la prise en charge de la grêle par la société.

<p>PREMIERE PARTIE : LA DÉFINITION DU RISQUE-AGENT</p>
--

CHAPITRE 1 : La fréquence de la grêle en France

**CHAPITRE 2 : La fréquence et l'intensité de la grêle d'été :
l'apport de la grêlimétrie**

**CHAPITRE 3 : La production de grêle : agents et processus
grêligènes**

introduction

La première étape dans la définition du risque-grêle est de faire l'état des connaissances sur la grêle en tant que phénomène naturel et de définir et spatialiser l'aléa grêle. La seule référence traitant spécifiquement de la grêle en France est le mémoire de R. Genève (1961). Ses modes de comptage et ses objectifs étaient très différents des nôtres et nous n'avons guère utilisé ses conclusions. Les ouvrages qui peuvent traiter la grêle le font de façon marginale (Atlas climatique de la construction de L. Chemery et Ph. Duchène-Marullaz (1987, p.118) ; Kessler et Chambraud, 1990, p.58-59) sans isoler la grêle d'été des statistiques annuelles. La grêle est considérée comme un paramètre climatique et non comme un facteur de risque socio-économique. Nous avons donc entrepris avec les sources disponibles de quantifier l'aléa en terme de fréquence et d'intensité avec pour objectif de spatialiser la grêle potentiellement dommageable c'est-à-dire le risque-agent. Deux obstacles majeurs à une définition simple du risque-agent ont dû être surmontés : l'hétérogénéité des sources et l'insuffisance des données sur la longue durée. Les sources (tableau 3), très différentes dans leur contenu, leur précision et leur extension spatiale ne pouvaient être traitées sur un même plan. Le premier chapitre utilise les occurrences de jours avec grêle fournis par Météo-France. Il fixe une première répartition de la fréquence de la grêle en France. Le second chapitre affine les résultats des occurrences Météo-France par la grêlimétrie que des associations ont mise en place depuis une dizaine d'années dans une quinzaine de départements français. Toute la France n'est pas encore couverte et elle ne le sera probablement jamais complètement. Les résultats fournis depuis dix ans par la grêlimétrie ne concernent que quelques régions, en particulier le Sud-Ouest. L'installation de grêlimètres représente un progrès immense pour la mesure de la grêle.

Cependant, le risque-agent grêle ne se définit pas uniquement par sa fréquence et son intensité mais aussi par les mécanismes qui président à son apparition. Les phénomènes climatiques exceptionnels peuvent s'expliquer de deux façons : soit ils résultent d'un phénomène normal par son mécanisme mais dépassant certains seuils de fréquence, de durée ou d'intensité, soit il s'agit d'un phénomène issu d'une combinaison météorologique anormale et inhabituelle dans une région donnée (Pagney, 1994). Le risque-grêle se trouve dans le premier cas. Ce n'est pas la grêle en soit qui est exceptionnelle comme peut l'être une tempête d'ouest générant des vents à plus de 200 km/h, c'est la répétition d'averses de grêle qui va engendrer des problèmes dans la gestion du risque. Une chute de grêle à l'échelle nationale ou régionale n'est pas en soit

Tableau 3 : Les sources utilisées pour la définition du risque-agent

sources	Météo-France	Argus de la Presse	grêlimétrie ANELFA et ACMG	Divers
Types de données	Occurrence journalière de grêle	Occurrence (coupure de presse) + évaluation semi-quantitative de l'intensité	Intensité et fréquence des chutes de grêle	Documents météorologiques
Maillage	79 stations	commune	100 à 1400 grêlimètres selon les années	
Période couverte	1961-1995	1990-1996 (sauf 1993)	1987 à 1996	-Etude de journées ou séquences de quelques jours
Espace couvert	France	France	-De 1 à 15 départements suivants les années surtout dans le Sud-Ouest	France et Europe occidentale
Objectif	-Répartition saisonnière -Géographie de la fréquence de la grêle	-Affinage des occurrences Météo-France	-Géographie de la fréquence et de l'intensité de la grêle -Effets locaux	-Mise en évidence des situations grêligènes -Répartition régionale de leur fréquence d'apparition
Intérêt	-Longue série -Couvre toute la France	-Informations sur la nature des dégâts (voir 2 ^{ème} partie) -couvre toute la France	-Quantification de l'énergie de la grêle -réseau de grêlimètres dense	-Multiplicité des documents (trajectographie, cartes synoptiques, compositions radar...)
Limites	-Maillage lâche inapte à refléter les différences locales -Pas d'indication d'intensité	-séries encore courtes (6 années) -biais socio-économique	-Seuls quinze départements sont équipés -séries encore courtes (maximum 10 ans)	-Coût des documents -Difficulté d'une approche typologique

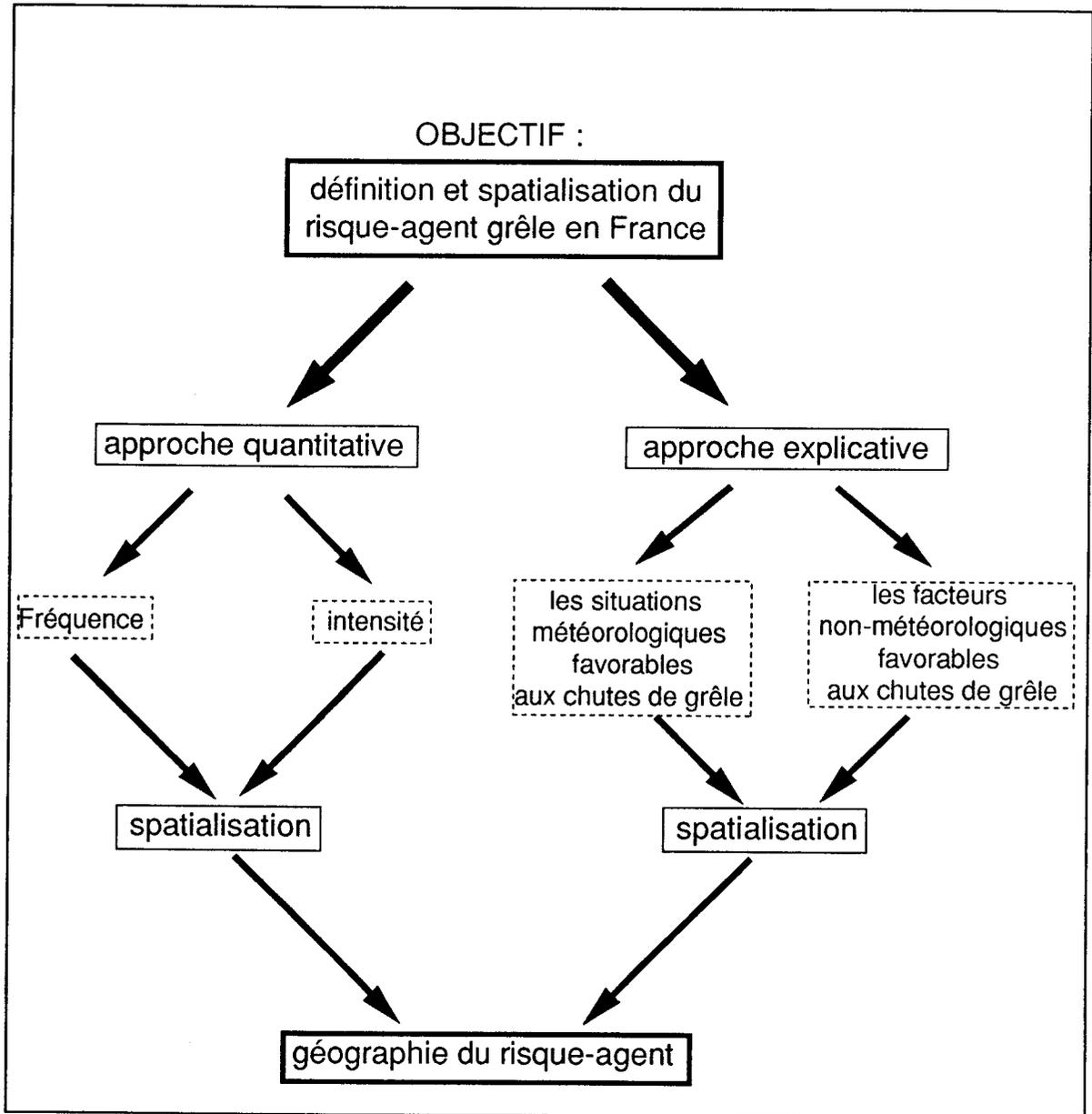


Fig. 2 - Démarche pour l'étude du risque-agent (première partie)

Partie 1 : introduction

exceptionnelle. Chaque été, on dénombre de 30 à 50 journées avec grêle en France. L'étude génétique de la grêle doit se donner pour objectif de rechercher quelles sont les types de circulation susceptibles de causer des chutes de grêle et quelles sont les espaces plus ou moins exposés à ces types de circulation. Cette étude génétique permettra de confirmer ou de nuancer les résultats de l'étude statistique. Pour l'étude du risque-agent (première partie), notre démarche est résumée dans la figure 2.

Chapitre 1

la fréquence de la grêle en France

1- Présentation des sources

2- Répartition temporelle et spatiale des chutes de grêle en France

3- La grêle d'été

4- Variation et variabilité interannuelle des chutes de grêle d'été

5- La fréquence de la grêle d'été en France : essai de régionalisation

Chapitre 1

La fréquence de la grêle en France

Introduction

Le premier objectif est de différencier, à partir des données fréquentielles de Météo-France, la grêle d'été de la grêle d'hiver, inoffensive, et d'établir une première géographie de la grêle d'été en France. Comment se répartit temporellement et spatialement la grêle potentiellement dommageable en France ?

1- Présentation des sources

1.1- La nature des données

Les données fournies par Météo-France sont la liste, par station, des jours avec au moins une chute de grêle sans autre indication chiffrée comme le diamètre des grêlons ou l'heure et la durée de la chute. Si plusieurs chutes de grêle ont eu lieu le même jour, seul le jour est compté ; il n'y a donc qu'une occurrence. Ce problème est souligné par I. Roussel et J. Gravier (1997) dans une étude sur les orages. Fait assez rare l'été, plusieurs averses de grêle peuvent se produire en une seule journée par temps de traîne en hiver ou au printemps. Il ne nous a pas été possible de relever toutes les chutes ni les autres paramètres (diamètre, durée...) consignés dans les Tableaux Climatologiques Mensuels. Ces relevés sont manuels. Les observations de visu sont notées par les techniciens de Météo-France. Les définitions de la grêle et du grésil par l'Organisation Météorologique Mondiale (1987) ne sont pas des plus précises et n'aident pas les techniciens dans leurs relevés. La grêle est définie comme :

"une précipitation de particules de glace (grêlons), soit transparentes, soit partiellement ou complètement opaques, généralement de forme sphéroïdale, conique ou irrégulière, dont le diamètre varie très généralement entre 5 et 50 millimètres, qui tombent d'un nuage soit séparées soit agglomérées en blocs irréguliers" (OMM, 1987, vol.I, p.122).

Le grésil, quant à lui, correspond à :

"une précipitation de particules de glace translucides, qui tombe d'un nuage. Ces particules sont toujours sphériques et présentent parfois des pointes coniques. Leur diamètre peut atteindre et même dépasser 5 millimètres" (OMM, 1987, vol.I, p.122).

Concrètement, dans les stations Météo-France, c'est le seuil de cinq millimètres qui est retenu pour distinguer grêle et grésil. Vérification faite auprès des Tableaux Climatologiques Mensuels de certaines stations (Nantes, Dijon), les chutes de grésil ne semblent pas avoir été comptabilisées. La grêle est donc prise en compte à partir de cinq millimètres de diamètre.

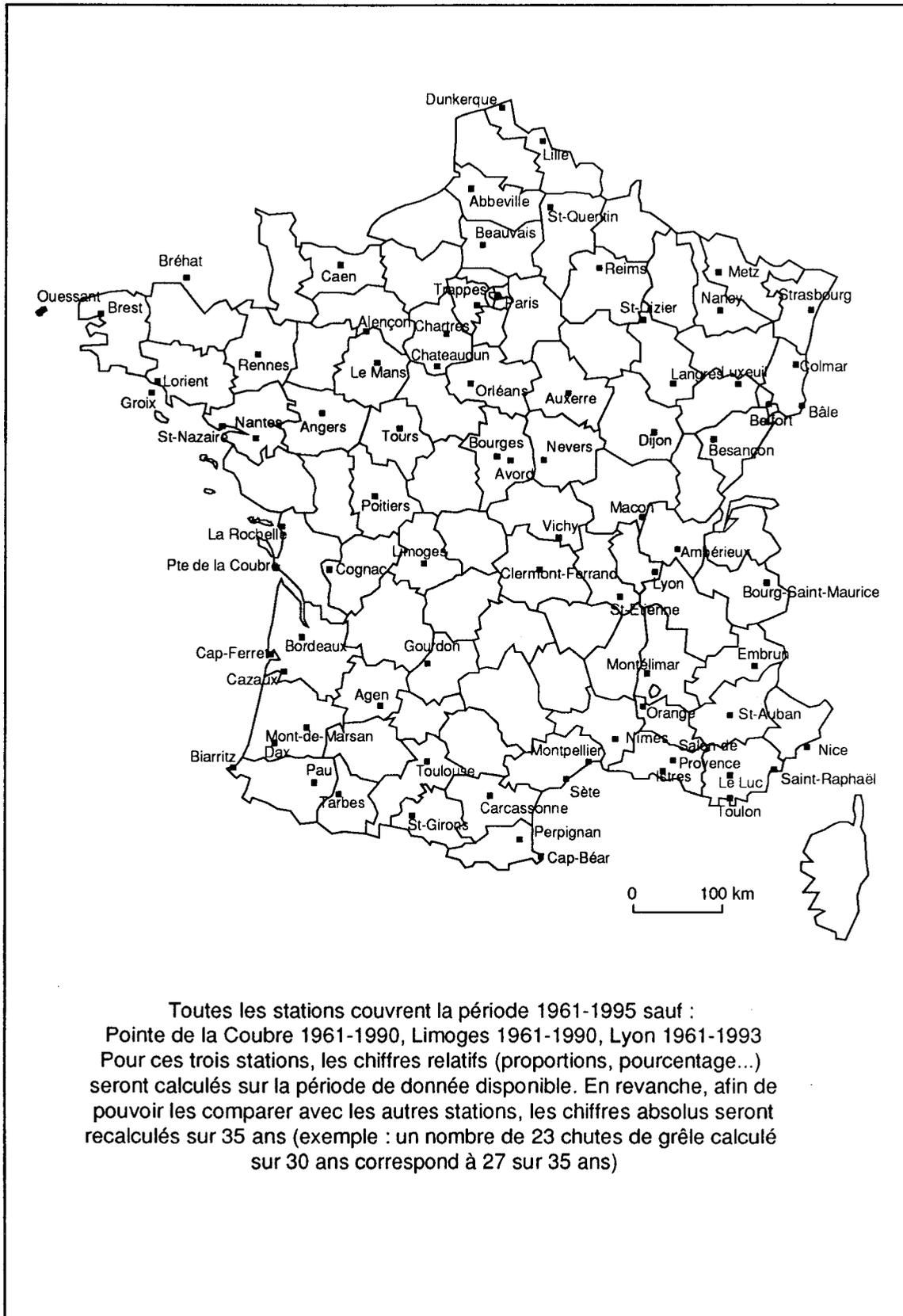
Comme pour toutes les observations de visu (orage, brume, neige...), il existe une possibilité d'oubli de la part des techniciens. Se pose en particulier le problème d'une éventuelle sous-évaluation du nombre des chutes de grêle nocturnes. Ces dernières restent cependant peu nombreuses, la plupart des chutes de grêle ayant lieu l'après-midi. Par ailleurs, les chutes de grêle sont rares (une chute par an et par station en moyenne entre mai et septembre) et très ponctuelles : une chute de grêle tombée à un kilomètre de la station Météo-France n'est pas enregistrée. La chute de grêle du 23 mai 1990 à Nancy qui figure dans Météo-Hebdo n'apparaît pas dans les statistiques fournies. C'est le problème de la grêle, phénomène ponctuel, bref et rare. Sans instrument pour l'enregistrer (grêlimètre), la grêle fond et disparaît au bout de quelques minutes. On a supposé que la qualité de la surveillance était la même dans toutes les stations Météo-France.

Cependant, pour les dernières années (1991-1995), nous avons dû exclure des statistiques certaines années/stations pour lesquelles les jours de non-observation (absence de l'observateur) étaient trop nombreux et pouvaient coïncider avec un jour de grêle qui nous était connu par une autre source : c'est le cas de Lyon en 1994 et 1995 ou de Dunkerque de janvier à mars 1995. Les stations "Pointe de la Coubre" et "Limoges" ne couvrent que la période 1961-1990. Pour que les données restent comparables, les chiffres relatifs (% , fréquences...) seront calculés sur les trente ans disponibles mais les chiffres absolus ont été reconstitués pour 35 ans dans ces quatre stations.

Toutes ces considérations nous inviteront à la prudence quant aux conclusions à tirer des données occurrenceielles. Les données que nous allons traiter donnent toujours une estimation de la grêle par défaut. Pourtant, toutes incomplètes ou imparfaites qu'elles soient, les données occurrenceielles des stations Météo-France ont un double intérêt : la durée des séries (35 ans) que l'on ne retrouve dans aucune autre source et la couverture nationale.

1.2- Le choix des stations

Météo-France disposait d'un fichier de 104 stations sur la période 1961-1995. Il s'agit des stations du réseau synoptique bénéficiant théoriquement d'une surveillance



Carte 1 - Les 79 stations Météo-France retenues

24h/24h. La prise en compte des centaines de postes météorologiques aurait demandé une étude spécifique. Ces postes sont tenus par des bénévoles souvent très dévoués et compétents mais qui ne peuvent assurer une veille 24h/24h. De plus, la sensibilité de ces observateurs à la grêle peut varier selon leur profession : un observateur bénévole Météo-France arboriculteur sera, toutes choses égales par ailleurs, plus attentif à la grêle qu'un gendarme (certains postes sont tenus par les gendarmeries). La prudence et les nombreuses vérifications qu'auraient imposées le travail sur ces données n'ont pas permis de les intégrer dans cette étude sur le risque. Peut-être cela serait-il possible dans quelques départements ou une région comme le Sud-Ouest. Que nous n'ayons pas pris en compte le réseau des observateurs bénévoles de Météo-France ne veut pas dire que ce réseau est inefficace. Des exemples (Fraile R. et *alii*, 1994)² ont montré l'efficacité et la fiabilité d'un réseau d'observateurs sensibilisés au problème de la grêle, ce qui n'est pas la vocation première du réseau des postes Météo-France. Dans les postes météorologiques, l'annotation des jours de grêle est à la discrétion de l'observateur.

La prise en compte des 104 stations synoptiques aurait entraîné des redondances, comme pour les stations voisines d'Antibes, Cannes, Cap Ferrat ou la surreprésentation de certaines régions comme la région parisienne ou les littoraux où les stations sont plus nombreuses. Le choix des 79 stations (carte 1) s'est fait dans le souci de la répartition la plus homogène possible des informations sur le territoire français. Il est seulement à déplorer le manque de données dans le sud du Massif central. La Corse n'a pas été retenue car les stations proposées sont toutes littorales et ne couvrent pas la plaine orientale où poussent les cultures les plus sensibles à la grêle (vergers, primeurs).

La période choisie (1961-1995) ne cadre pas exactement avec la période trentenaire généralement utilisée comme norme en climatologie (1961-1990). Mais pour un phénomène aussi rare et aléatoire que la grêle, il est nécessaire d'augmenter au maximum l'échantillon. Par ailleurs, cela permet d'intégrer les années 1991 à 1995 qui ont connu une crise du système de gestion du risque-grêle et qui feront l'objet de longs développements ultérieurs.

² Dans le Leon en Espagne, une expérience de lutte anti-grêle depuis 1985 s'appuie sur un réseau d'observateurs qui signale toute chute de grêle dommageable dans l'espace concerné par la lutte. Depuis 1990, les observations "humaines" sont doublées d'un réseau de grêlimètres. La comparaison des deux sources d'observation montre qu'aucune chute de grêle détectée par les grêlimètres n'a été omise par le réseau d'observateurs, ce qui prouve la fiabilité de ce dernier.

1.3- L'indépendance statistique des stations

Les stations Météo-France sont statistiquement indépendantes. Il n'y a pas de concomitance statistiquement significative des chutes de grêle entre les stations prises deux à deux. Même pour des stations voisines (à l'échelle de la France) comme Lorient et Groix ou Istres et Salon-de-Provence, et à plus forte raison pour des stations éloignées, le nombre de jours de grêle communs est faible. Comparons les occurrences de grêle dans les stations d'Istres et de Salon-de-Provence distantes de 20 kilomètres : sur 75 jours avec grêle dans l'une ou l'autre des stations, seuls cinq jours (6,6 %) ont connu, entre 1961 et 1995, de la grêle dans les deux stations à la fois. On peut arguer de l'éloignement du littoral qui induirait un comportement grêlifère différent dans chacune des stations. Mais si l'on prend les stations de Chateaudun et de Chartres distantes tout de même de 45 kilomètres mais sans relief à proximité, le nombre de jours communs avec grêle (dans les deux stations à la fois) est de 19 sur 225 jours avec chute de grêle dans l'une ou l'autre des stations. Cette proportion (8,4 %) est faible bien que les stations aient la même fréquence et la même répartition annuelle des jours avec chute de grêle. Ces jours de grêle communs ont lieu surtout en hiver et au printemps. Sur les 19 journées ainsi comptabilisées, seules trois sont des chutes d'été (mai à septembre). Ce chiffre est faible, même en considérant la plus grande fréquence de la grêle en hiver. En fait, les journées avec chute de grêle commune aux deux stations correspondent aux passages de fronts froids dans un flux de nord-ouest assez rapide. Dans ces situations d'advection d'air polaire générant un type de temps dit "de giboulées de mars", deux averses de grêle peuvent tomber concomitamment à Chateaudun et à Chartres.

Ces considérations, qui peuvent paraître évidentes ou anecdotiques, valident les regroupements ou affinités régionales³ que nous nous proposons de mettre en évidence. Ces affinités régionales ne sont pas le fruit d'une simple corrélation statistique. Ce n'est pas parce qu'il grêle à Chateaudun qu'il grêle en même temps à Chartres. Il y a très peu de chance (au sens statistique) pour que deux ou plusieurs stations subissent une même averse. Les affinités interstationnelles résultent d'un ensemble de facteurs qui à l'amont du phénomène-grêle détermine des tendances régionales et des gradients interrégionaux.

³ le terme "région" est uniquement entendu au sens d'échelle de grandeur (Dauphiné, 1975 ; Vigneau, 1990a) . Nous entendons ici la région comme un espace à l'intérieur duquel les paramètres présentent une certaine homogénéité.

1.4- Les données de la presse

Les données Météo-France ne sont pas la seule source occurrence. Nous confirmerons les tendances mises en évidence par l'analyse des séries Météo-France par les données de la presse. Depuis 1990 (avec une interruption en 1993) le GNEFA, Groupement National d'Étude des Fléaux Atmosphériques, s'est abonné à l'Argus de la Presse, service basé à Paris qui dépouille la presse nationale, régionale et locale à partir de mots-clés. Le GNEFA s'est abonné au mot "grêle" pour les mois de mai à septembre. L'Argus de la Presse collecte et envoie tous les articles comportant ce mot-clé pour la période considérée. Ces articles sont dépouillés et classés par le GNEFA en fonction de la date et du lieu de la chute de grêle (commune). Parfois, l'heure est mentionnée. Depuis 1994, les chutes de grêle rapportées par les articles sont classées en fonction de leur gravité.

intensité 1 : 1 à 3 communes touchées. Quelques dégâts aux cultures.

intensité 2 : 5 à 10 communes touchées. Dégâts aux cultures autour de 50 %.

intensité 3 : plusieurs cantons touchés. Dégâts 80 à 100 % sur culture.
Dégâts sur bâtiments ou véhicules.

Cette base de données, encore récente, est intéressante car elle permet non seulement de confirmer les données Météo-France mais d'obtenir des renseignements qualitatifs en liaison étroite avec le risque, en particulier le type de dégâts. Il est évident que cette source n'est, comme les autres, pas exhaustive. Il s'agit de la grêle perçue par la presse donc la grêle qui tombe dans l'oekoumène. Pour la presse, une énorme chute de grêle sur la Margeride ou l'Aubrac peut passer inaperçue. En revanche, cette même chute recevra un écho particulier si elle décime les vergers du Lot-et-Garonne. De même, autre réserve, toutes les communes touchées par la grêle ne sont pas mentionnées. Souvent, il s'agit de la commune épicentre du sinistre ou du chef-lieu de canton. C'est la raison pour laquelle il n'est pas possible, pour l'instant, de produire à partir de cette source des statistiques concernant le nombre de communes touchées par la grêle chaque année.

Nous utiliserons les données de l'Argus de la Presse sous l'aspect occurrence (averse de grêle datée autour de telle ou telle commune) pour confirmer (ou nuancer) les statistiques Météo-France et intégrerons les renseignements de nature qualitative (dégâts) dans les chapitres suivants.

2- Répartition temporelle et spatiale des chutes de grêle en France

Avant d'aborder l'étude de la grêle d'été qui, seule, détermine le risque-agent grêle, il est nécessaire de la replacer dans le contexte annuel, d'autant plus que la grêle connue du grand public, la plus fréquente, n'est pas la grêle d'été mais la grêle de printemps qui ne participe pas à la définition du risque-grêle.

2.1- Un phénomène avant tout hivernal et printanier

La répartition des 7653 jours avec chutes de grêle recensés dans les 79 stations confirme la perception commune que l'on a de ce phénomène : la grande majorité des chutes se produit en fin d'hiver et au printemps (figure 3, tableau 4). Mars ne trahit pas la sagesse populaire. Les "giboulées de mars" sont incontestablement grêligènes et ce mois totalise le plus grand nombre de jours avec chute de grêle : 37 jours avec grêle sont recensés en moyenne pour ce mois chaque année dans les 79 stations Météo-France prises en compte. Cumulés, mars et avril regroupent un tiers des jours avec chute de grêle. Janvier, février et mai contribuent chacun pour plus de 10 % des jours avec chute de grêle⁴.

Tableau 4 - Répartition saisonnière des jours avec chutes de grêle en France

Saisons	hiver (D.J.F.)	printemps (M.A.M.)	été (J.J.A.)	automne (S.O.N.)
part annuelle des jours avec chute de grêle	29 %	44 %	13,3 %	13,7 %

Source : Météo-France (1961-1995, 79 stations)

Le nombre de jours avec chute de grêle décroît fortement à partir de juin pour atteindre un minimum en septembre. 10 % seulement des jours avec chutes de grêle ont été recensés sur le trimestre juillet-août-septembre. Les chutes reprennent en octobre à la faveur du rétablissement de la circulation d'ouest mais sans atteindre les chiffres du printemps (deux fois moins de grêle en décembre qu'en avril).

⁴ Nous avons conservé les chiffres bruts, mais février est sous-évalué compte tenu du nombre plus faible de jours (28,25). En chiffres pondérés (30,44 jours par mois), le nombre serait de 876 jours (contre 813 réellement) avec chutes de grêle, mettant février en troisième position.

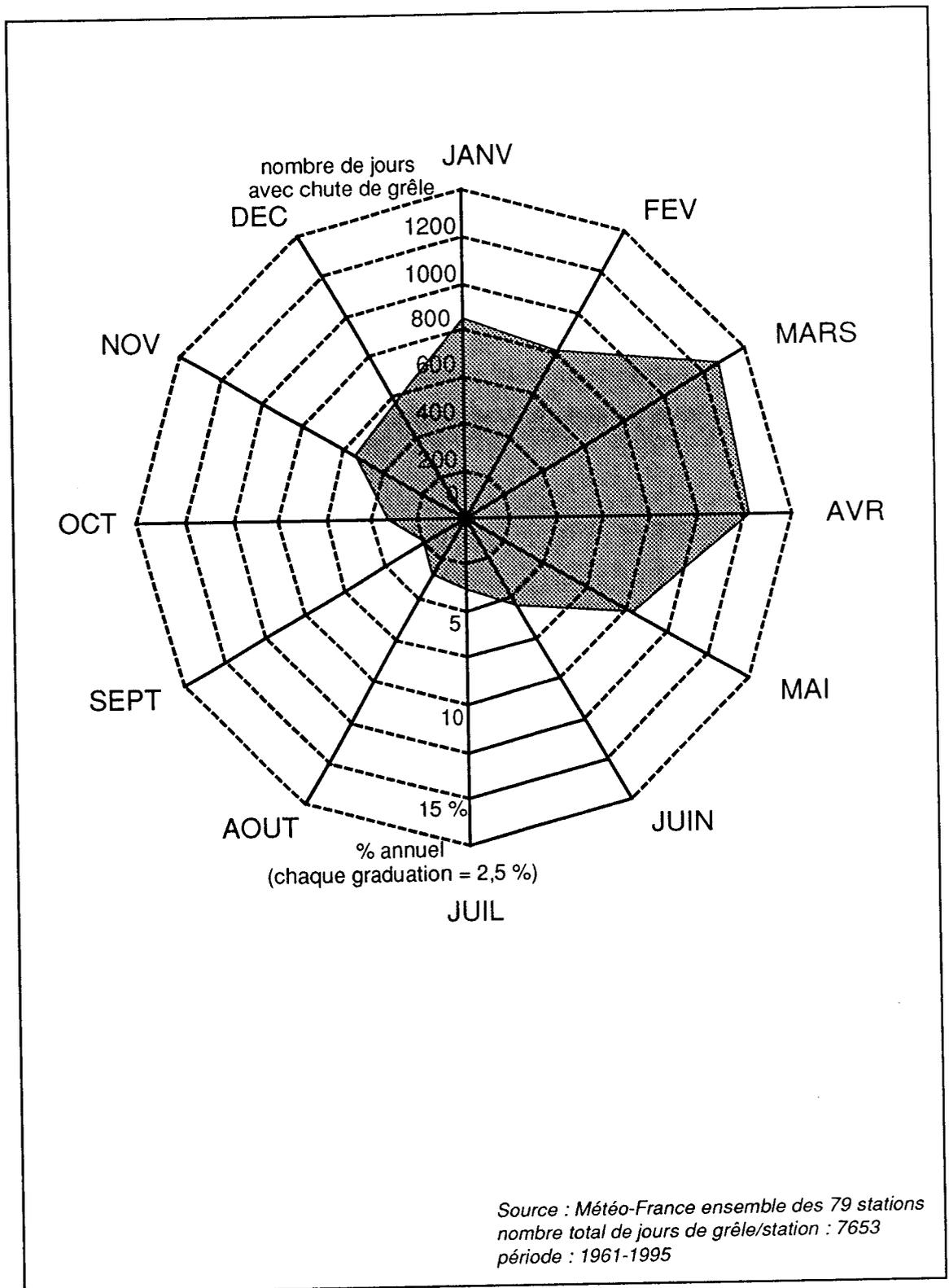


Fig. 3 - Répartition mensuelle du nombre de jours avec chute de grêle en France

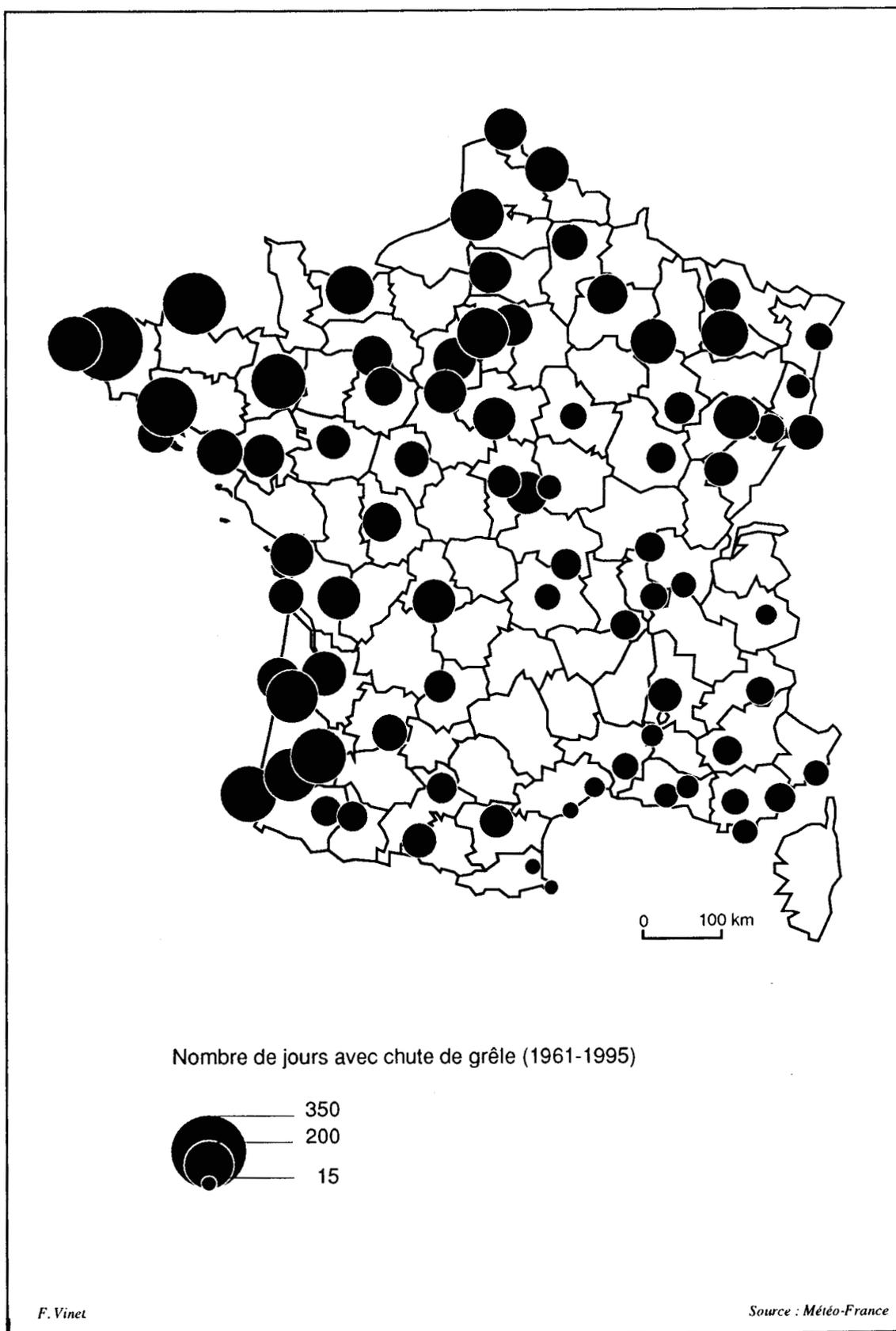
Le nombre total de jours avec chute de grêle relevé dans chaque station sur trente-cinq ans varie de 350 à Brest à 15 au Cap-Béar (Pyrénées-Atlantiques) soit respectivement 10 et 0,43 occurrences annuelles. La moyenne stationnelle est de 97 jours avec chutes de grêle relevés entre 1961 et 1995 soit à peine 2,8 jours avec chutes par an et par station. Cette moyenne cache de fortes disparités interstationnelles.

2.2- L'inégale répartition spatiale du nombre de chutes de grêle

Globalement, le nombre de chutes de grêle diminue selon un gradient nord-ouest/sud-est, du Léon au Languedoc (carte 2).

Les côtes atlantiques et le nord de la France sont fortement grêlifères à commencer par la Bretagne où sont situées les trois stations les plus grêlifères : Brest-Guipavas, qui a compté 350 jours avec grêle soit une fréquence moyenne annuelle de dix jours exactement, Bréhat (249 jours soit 7 jours/an) et Lorient (224 et 6,4). Suivent les stations aquitaines et basques. Les fréquences des chutes de grêle y sont comparables à celles observées en Bretagne : 205 chutes de grêle en trente-cinq ans à Biarritz (5,9 jours/an), 194 à Mont-de-Marsan (5,5 jours/an) et 180 à Dax (5,1). Autre zone exposée : le Bassin parisien, le nord et le nord-est de la France. Au nord d'une ligne Tours-Strasbourg, le nombre de jours avec chute recensé en trente-cinq ans varie de 70 à 163. Dans le Bassin parisien, le nombre de chutes par station est très homogène, autour de 120, soit une fréquence moyenne annuelle de 3,4 jours : 117 à Paris, 124 à Chartres, 115 à Beauvais...Seule la station de Trappes voit le nombre de chutes atteindre 168 (4,8 jours en moyenne annuelle). Il est difficile d'interpréter cet excédent de chutes à Trappes. Peut-être s'agit-il d'un effet local (topographie, urbanisation...) ? Cette fréquence élevée peut aussi s'expliquer par une vigilance accrue des techniciens dans cette station qui est un centre d'étude Météo-France (radio-sondages...).

Au sud-est d'une ligne Pau-Auxerre-Belfort, le nombre total de chutes n'a pas dépassé 100 en trente-cinq ans . Il est souvent inférieur à 70 soit deux à trois fois moins qu'en France de l'ouest et du nord. Dans le grand Sud-Est, c'est-à-dire Auvergne / Rhône-Alpes / PACA et Languedoc-Roussillon soit 23 stations (Bourgogne et Franche-Comté étant des régions de transition), le nombre moyen des chutes par station est de 45 en 35 ans. C'est un peu plus d'une chute par an en moyenne soit moins de la moitié de moyenne française. Les côtes du Languedoc et du Roussillon sont les espaces les moins grêlifères de France métropolitaine : 15 chutes au Cap-Béar, 17 à Perpignan, 19 à Sète... soit une chute tous les deux ans en moyenne. Il s'agit bien d'une région



Carte 2 - Nombre de jours avec chute de grêle en trente-cinq ans

privilegiée puisque le nombre de chutes augmente sensiblement dès que l'on s'éloigne vers l'ouest (74 chutes à Carcassonne) ou vers le couloir rhodanien (46 à Nîmes).

Finalement, le nombre annuel de jours avec chute de grêle est élevé dans les régions soumises aux traînes et giboulées de printemps c'est-à-dire la France du nord et de l'ouest. Cependant, ces chutes de grêle d'hiver sont pour la plupart bénignes (faible diamètre des grêlons). D'ailleurs, la prise en compte du grésil (moins de 5 mm) amplifierait ces écarts interrégionaux. De plus, les chutes de grêle d'hiver ne présentent aucun risque pour l'agriculture puisqu'à cette période de l'année la végétation est encore en dormance. Le véritable risque-grêle réside dans la grêle d'été.

3- La grêle d'été

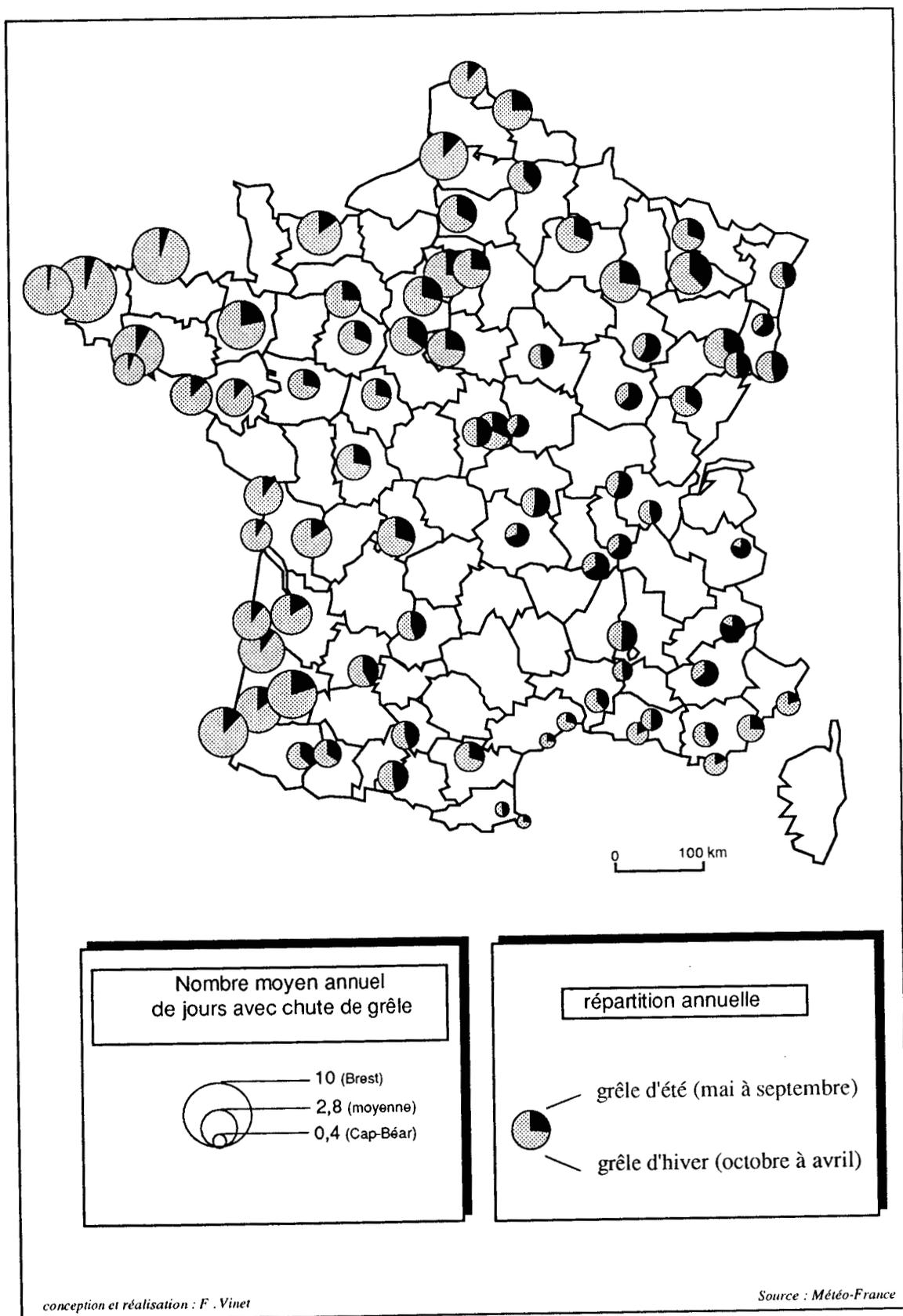
Comme nous l'avons défini plus haut, les dégâts de la grêle en France s'expliquent presque exclusivement par des chutes de grêle de mai à septembre soit 27 % des chutes annuelles.

3.1- Sa part dans l'ensemble des chutes annuelles

3.1.1- La grêle d'été majoritaire dans les stations du sud-est de la France

La part de la grêle d'été dans le nombre de chutes annuelles est plus significative de la spécificité climatique d'une station que le nombre de jours de grêle lui-même. Le pourcentage de grêle d'été varie de 2 % à Ouessant à 83 % à Embrun (carte 3). Les stations littorales atlantiques et, dans un autre contexte, les stations côtières méditerranéennes, reçoivent peu de grêle estivale. Le taux ne dépasse pas 20 % à Lorient, Nantes, Bordeaux et Mont-de-Marsan -respectivement 8, 12, 16 et 19,6 % des chutes de grêle recensées en été-. Il est de 22 % à Rennes et augmente logiquement vers l'intérieur (33 % environ en région parisienne). En trente-cinq ans, Météo-France n'a observé aucune chute en juillet et août à Brest et seulement 2 à Lorient.

Les pourcentages les plus élevés se rencontrent dans le Centre-Est. La grêle d'été est majoritaire dans les stations suivantes (tableau 5) :



Carte 3 - Part des chutes de grêle d'été dans le total annuel

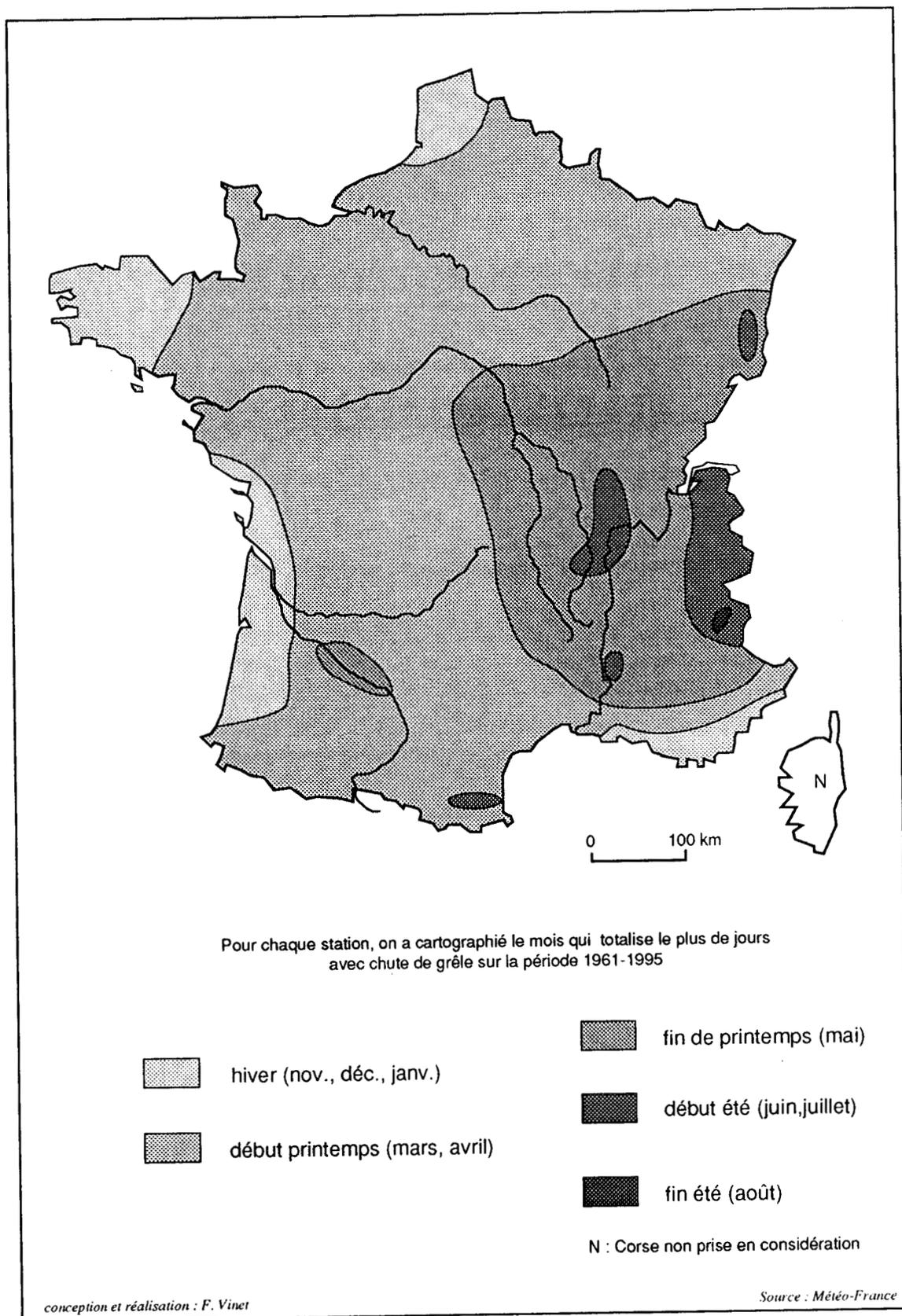
Tableau 5 - Les stations à grêle d'été majoritaire

STATIONS	% de grêle d'été	STATIONS	% de grêle d'été
Embrun	83 %	Nevers	58,5
Bourg-Saint-Maurice	80 %	Langres	58 %
Clermont-Ferrand	70 %	Macon	57 %
Saint -Etienne	66 %	Vichy	52 %
Saint-Auban	65 %	Montélimar	51 %
Lyon	64 %	Bourges	50 %
Colmar	63 %	Salon-de-Provence	50 %
Dijon	62 %		

Source : Météo-France

Elle représente 40 à 50 % des chutes annuelles dans le Sud-Ouest (44,6 % à Toulouse, 44,9 % à Gourdon et 46,9 % à Saint-Girons). Ceci corrobore d'autres sources (Dessens J., 1986a ; Castet J. et Deyries P., 1970) selon lesquelles le Piémont pyrénéen est une région particulièrement exposée au risque-grêle.

Cette répartition est confirmée par la carte du mois le plus grêlifère de l'année (carte 4). Les mois d'hiver sont les plus grêlifères sur les côtes de la Manche et de l'Aquitaine (novembre, décembre et surtout janvier). L'effet de la latitude est perceptible dans la précocité du maximum (novembre, décembre) dans le nord de la France, mais il est moins patent que l'effet d'exposition aux flux de nord-ouest, les situations de traîne étant les plus grandes pourvoyeuses de grêle en hiver. Cet effet d'exposition se voit dans l'opposition entre Bretagne du nord-ouest (maximum de janvier) et la Bretagne du sud-est (maximum de février ou mars). Plus l'on s'éloigne des côtes atlantiques, plus le maximum est tardif. Il est en mars/avril dans le centre-ouest, en mai dans le centre-est, et jusqu'en juillet et août dans les vallées alpines.



Carte 4 - Répartition spatiale des mois les plus grêlifères en France

3.1.2- Les causes de cette répartition

Cette répartition est un peu le négatif de la carte du nombre total de chutes. Les stations grêlifères de l'ouest de la France doivent leur suprématie numérique à de nombreuses chutes hivernales et printanières. La primauté relative de la grêle d'été dans telle ou telle station peut s'expliquer par trois facteurs partiellement redondants :

- l'éloignement par rapport à la circulation d'ouest : les stations qui ont le plus fort pourcentage de grêle d'été (tableau 4 ci-dessus) sont géographiquement éloignées des flux d'ouest . La rareté des situations de traîne active diminue les chutes de printemps et renforce par là-même la part des chutes estivales.

- la position d'abri : les vallées d'orientation méridienne situées à l'est d'un massif montagneux (Limagne, Alsace, couloir séquano-rhodanien, vallées alpines) sont protégées des masses d'air instables issues des flux de nord-ouest. Souvent en hiver, une masse d'air froid stagne dans les vallées. Au printemps, cette masse d'air froid est délogée mais les flux d'ouest s'assèchent localement par effet de foehn inhibant toute velléité grêligène de la masse d'air.

- la thermoconvection : l'été, en revanche, l'échauffement des basses couches est fort dans les grandes vallées. Cet échauffement favorise l'instabilité de la masse d'air, donc la possibilité d'orages et de grêle. La thermoconvection dépend elle-même de plusieurs facteurs comme la continentalité, la latitude, la ventilation...

Il existe donc une France de la grêle d'hiver et une France où la grêle d'été est majoritaire. Ce découpage a un intérêt avant tout climatologique. Il reprend la division climatologique classique entre la France sous influence océanique et la France de l'est au climat continentalisé et influencé par le relief. On notera dans ce découpage deux régions intermédiaires, de transition : le Nord-Est et le Sud-Ouest, largement ouvert aux influences océaniques ou "océanisantes" pour reprendre le terme de J.P. Vigneau, mais bénéficiant d'un fort échauffement estival à cause de sa situation méridionale.

Comment se traduisent en terme de fréquence de la grêle ces différences ?

En matière de risque-grêle, la fréquence du phénomène est l'élément primordial. Ce qui intéresse l'agriculteur ou l'assureur de telle ou telle région, c'est de savoir combien il tombe en moyenne de chutes de grêle en été ou, sur un nombre d'années donné, combien d'étés sont susceptibles de recevoir de la grêle. On retrouve là les deux façons de décrire le climat : l'approche par l'état moyen et l'approche par la variabilité.

3.2- Répartition spatiale des chutes de grêle estivales

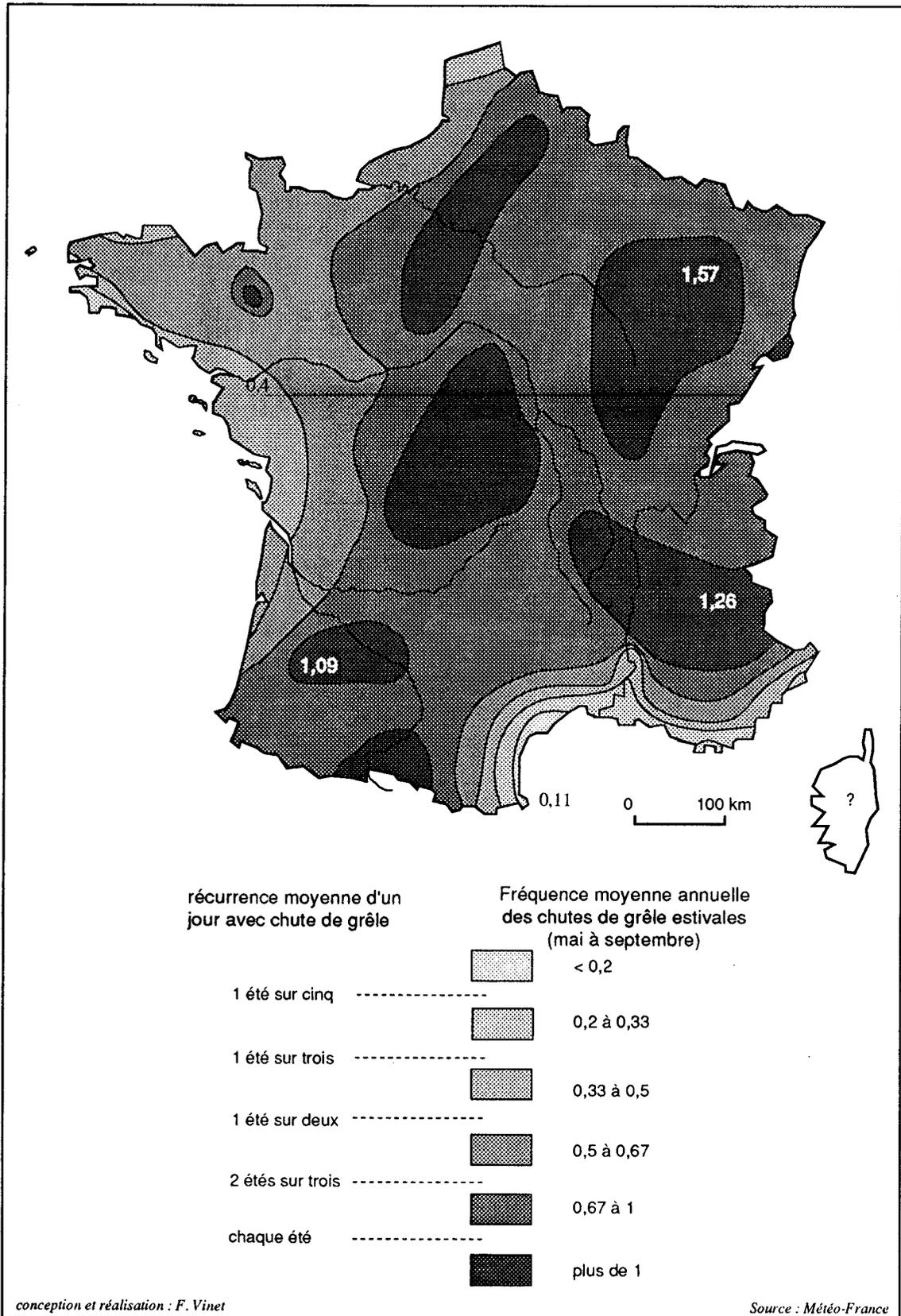
3.2.1- Régionalisation de la grêle d'été

La répartition spatiale des chutes de grêle estivales (carte 5) est beaucoup plus équilibrée que la carte du nombre total de chutes.

3.2.1.1- Les régions à grêle d'été peu fréquente : grand Nord-Ouest et Méditerranée

Dans l'ouest de la France, et particulièrement en Bretagne, la grêle est un phénomène presque exclusivement de saison froide (au sens où nous l'avons défini c'est-à-dire d'octobre à avril). La grêle n'est pas inconnue ; au contraire, c'est Brest qui comme on l'a vu, enregistre la plus forte fréquence moyenne annuelle de grêle avec 10 jours par an, suivie par les autres stations bretonnes. En revanche, la part de la grêle d'été est faible (5 à 10 % des chutes annuelles). Le nombre de chutes estivales sur les littoraux et dans l'ouest de la France est donc particulièrement faible (carte 4). Sur le littoral breton, la grêle d'été est pratiquement inconnue (4 chutes de grêle de mai à septembre en 35 ans à l'Ile d'Ouessant, 5 à Groix). La fréquence des chutes de grêle d'été augmente vers l'est (19 jours avec chute en 35 ans à Lorient) et vers le sud (14 chutes à la Rochelle et au Cap-Ferret). Il y a là un gradient littoral-intérieur mais aussi un gradient latitudinal positif puisque de Saint-Nazaire à Biarritz le nombre de jours avec chute de grêle d'été augmente.

Peu grêlifères en été également, les stations méditerranéennes. La proportion de grêle d'été est proche de la moyenne des autres stations françaises (25 à 30 %) mais c'est le nombre annuel de jours avec chute de grêle qui est faible : 15 jours en trente-cinq ans au Cap-Béar, 19 à Sète dont respectivement 4 et 5 jours de grêle d'été. La situation abritée du Languedoc-Roussillon explique ces faibles chiffres. Les stations situées entre le couloir rhodanien et les Pyrénées sont protégées des fronts venant de l'ouest et du sud-ouest. La proportion de grêle d'été augmente rapidement du littoral vers l'intérieur mais ne modifie pas beaucoup le nombre annuel de chutes. Entre Istres et Salon-de-Provence, le nombre total de chute de grêle ne change guère (tableau 6), ce qui laisserait penser que ce nombre est lié aux caractéristiques générales (climat méditerranéen) et régionales (effet d'abri derrière le Massif central) du climat. En revanche, la part de la grêle d'été augmente fortement à Salon-de-Provence. Ce peut être un effet conjugué de la continentalité (thermoconvection plus efficace en été) et du relief (renforçant les ascendances). Cet effet littoral est aussi visible entre Toulon et Le Luc dans le Var.



Carte 5 - Fréquence et récurrence moyennes de la grêle d'été

Tableau 6 - La croissance des chutes de grêle d'été entre le littoral méditerranéen et l'intérieur

stations	nombre total de chutes de 1961 à 1995 (<i>nombre moyen annuel</i>)	part de la grêle d'été	nombre de jours avec chute de grêle d'été de 1961 à 1995 (<i>nombre moyen annuel</i>)	probabilité d'occurrence annuelle d'une chute de grêle d'été
Istres	42 (1,2)	19 %	8 (0,23)	inférieure à une chute tous les quatre ans
Salon-de-Provence	38 (1,1)	50 %	19 (0,54)	plus d'une année sur deux

N.B. : Istres est à 10 km de la Méditerranée et Salon-de-Provence à 30 km

Source : Météo-France

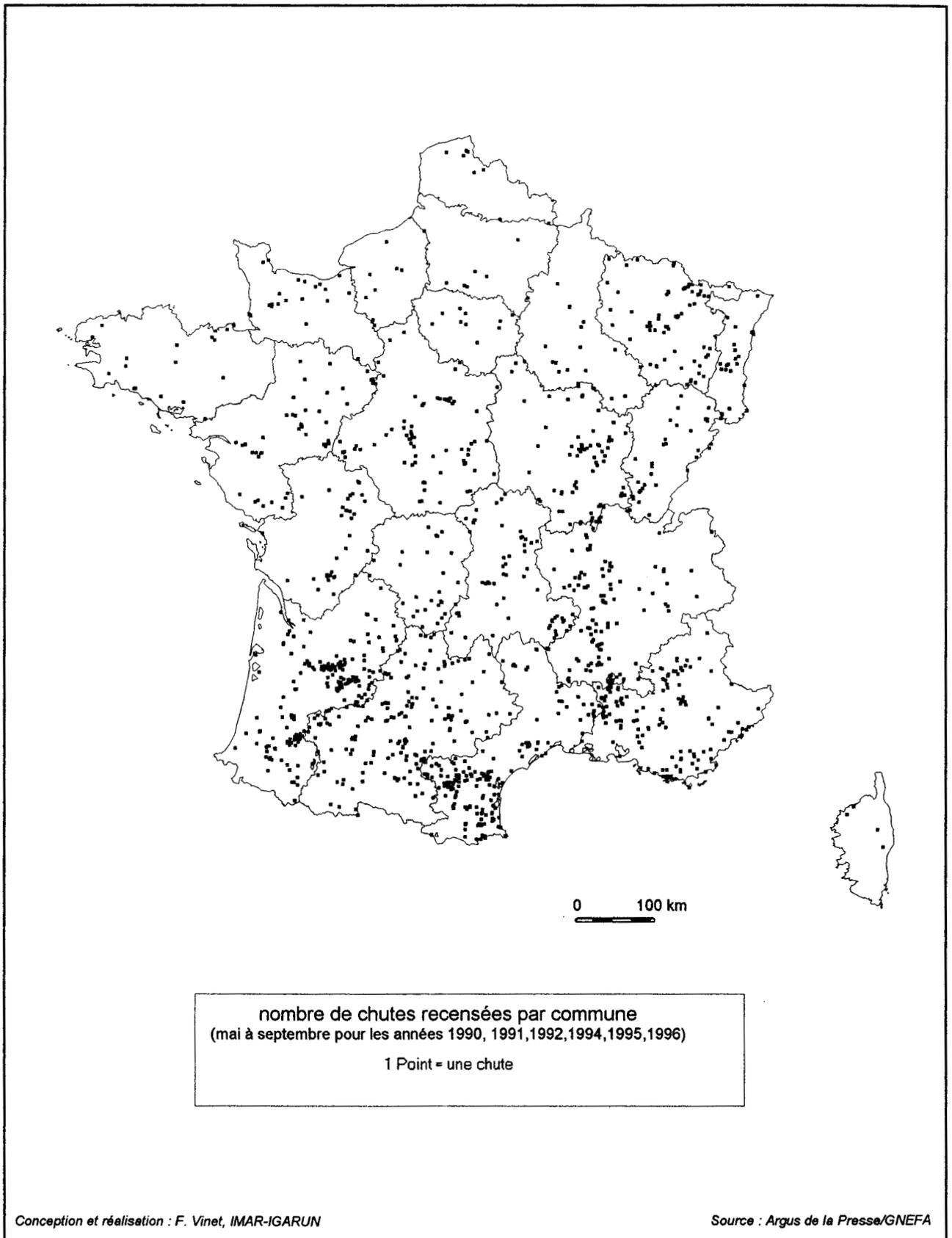
3.2.1.2- Chutes de grêle estivales fréquentes

Les stations les plus touchées par la grêle d'été sont de deux types correspondant à des situations géographiques différentes :

- d'un coté, les stations où la part des grêles d'été est moyenne mais qui compensent par un fort nombre de chutes annuelles. C'est le cas des stations du Bassin parisien *stricto sensu* comme Chartres où, ne représentant que 29 % des chutes annuelles, les chutes de grêle d'été recensées en 35 ans sont au nombre de 36 soit autant qu'à Agen. Ce type de stations s'étend jusque dans l'est de la France où Nancy est la station qui totalise le plus de chutes de grêle d'été en France (55 chutes en 35 ans soit 1,6 chute par été en moyenne).

- le second type est celui des stations qui compensent un faible total annuel de chutes de grêle par un pourcentage d'été assez fort. Il s'agit des stations du couloir séquano-rhodanien, de l'Alsace et des Alpes et le Sud-Ouest. La fréquence moyenne annuelle s'établit aux alentours d'une chute par été. À titre d'exemple, Lyon totalise 33 chutes, Mâcon, 34 et Agen, 35. Le maximum est atteint à Embrun avec 44 chutes en 35 étés.

La carte des chutes de grêle d'été relevées dans la presse confirme ces tendances nationales (carte 6) bien que les relevés ne portent encore que sur six ans (1990-1996 sauf 1993). Le Nord-Ouest et le Nord sont épargnés par la grêle. Le couloir séquano-rhodanien, le Sud-Ouest et le Sud-Est intérieur (vallée de la Durance) sont particulièrement touchés alors que le Nord-Est n'arrive plus en tête comme dans les occurrences Météo-France. Il faut rappeler que les relevés de l'Argus de la Presse



Carte 6 : les chutes de grêle d'été recensées par la presse en France (1990-1996)

privilégient les chutes intenses (qui font des dégâts suffisamment significatifs pour être rapportés par la presse). On peut donc nuancer les cartes faites à partir des données Météo-France en disant que le Nord-Est subit des chutes aussi nombreuses que dans les autres régions du sud et de l'est de la France mais ce sont des chutes en moyenne moins intenses ou moins remarquées car situées sur zone forestière.

3.2.2- Au coeur de l'été : juin, juillet, août.

L'absence de données concernant l'intensité de la grêle est un handicap majeur des données occurrenceielles. Nous avons déjà expliqué que le dépouillement des TCM pour y relever le diamètre (approximatif d'ailleurs) des grêlons était matériellement impossible pour cette étude. Une autre approche consisterait à distinguer les chutes en circulation de traîne plus fréquentes au printemps de celles liées aux situations orageuses d'été. Traîne et orage ne sont d'ailleurs pas exclusifs (Gravier J. et Roussel I., 1997). C'est pourquoi il faudrait prendre en compte les deux critères "type de temps" et "type de circulation" pour séparer les chutes de grêle. Une approche plus simple et plus grossière consiste à isoler les chutes des mois de juin, juillet et août. Pendant ces trois mois, les chutes ont pour la plupart une origine orageuse, au moins partiellement. En tout cas, la thermo-convection joue un rôle plus grand.

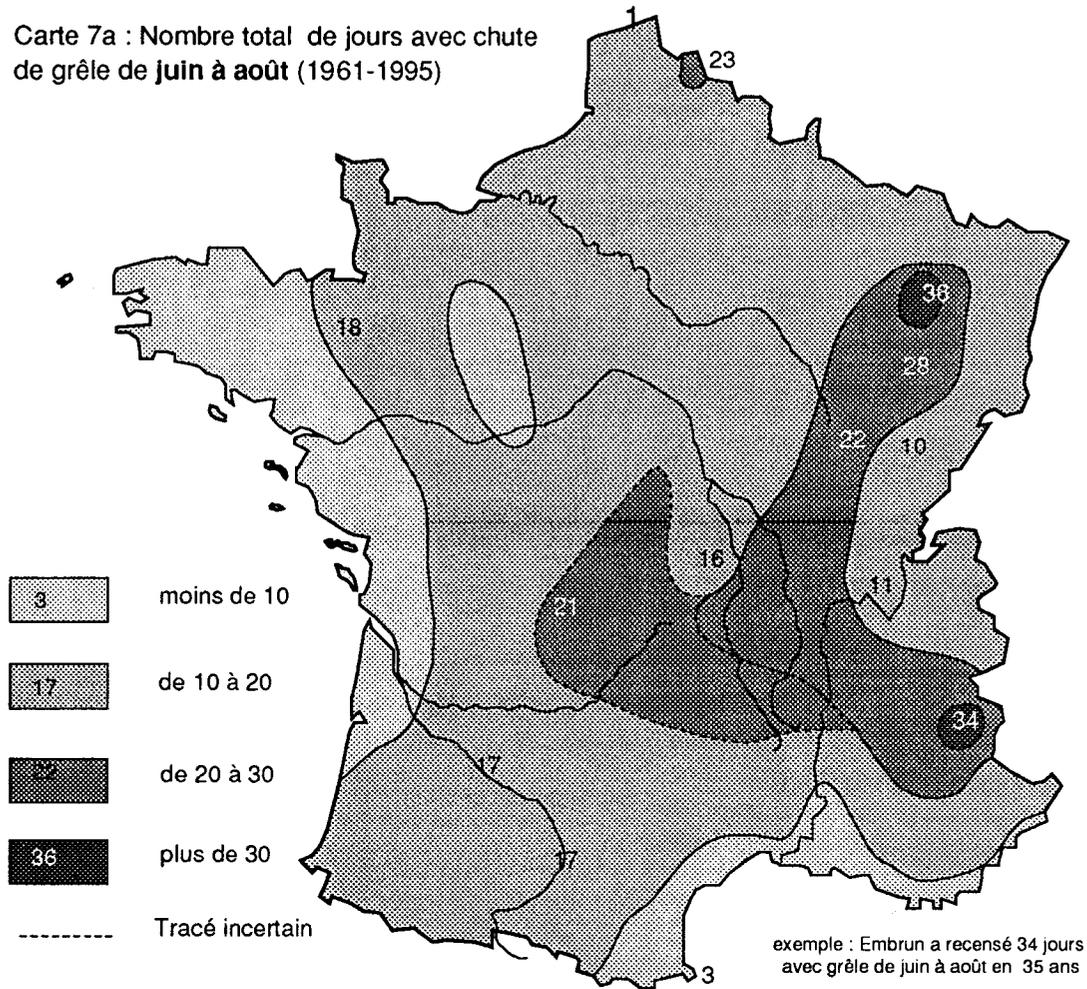
Si l'on resserre la période estivale sur juin, juillet et août voire seulement juillet et août (carte 7a et 7b), des nuances apparaissent par rapport au découpage précédent. Le Bassin parisien perd sa suprématie et le Sud-Ouest s'affirme. Chartres qui totalise 36 jours avec chutes de grêle entre mai et septembre en trente-cinq ans n'en compte plus que 17 de juin à juillet et seulement 6 en juillet et août (tableau 7). En revanche, Agen où la grêle d'été n'est globalement pas plus fréquente qu'à Chartres passe devant pour le nombre de jours avec chute en juillet et août (13 jours en 35 ans).

Tableau 7 - Comparaison de la fréquence de la grêle d'été dans les stations de Chartres et Agen

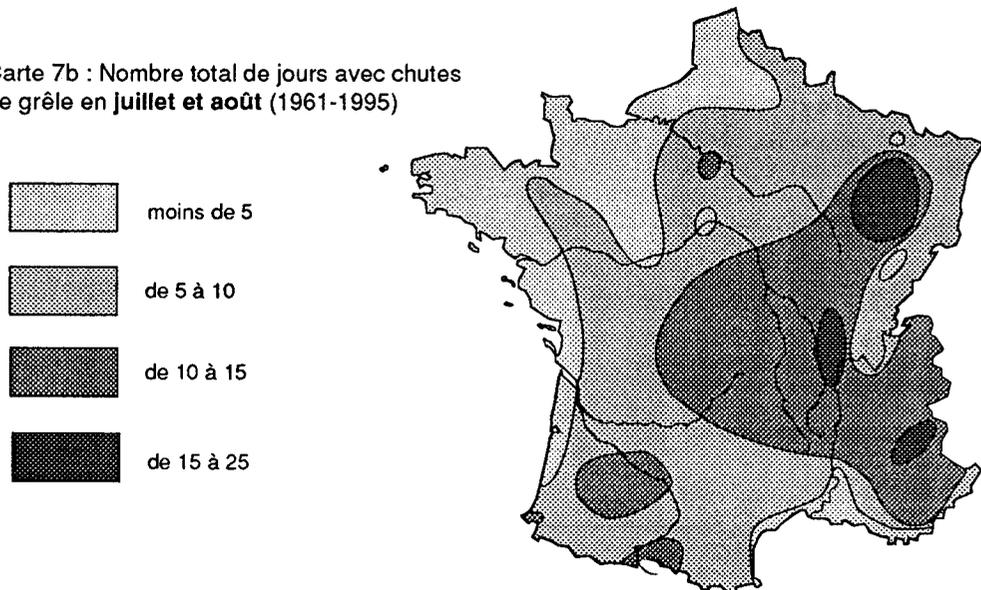
stations	nombre de chutes de grêle d'été (mai à sept.)	nombre de chutes de grêle de juin à août	nombre de chutes de grêle de juillet à août
Chartres	36	17	6
Agen	35	17	13

Source : Météo-France

Carte 7a : Nombre total de jours avec chute de grêle de juin à août (1961-1995)



Carte 7b : Nombre total de jours avec chutes de grêle en juillet et août (1961-1995)



Conception et réalisation : F. Vinet

Source : Météo-France

Carte 7 - Au coeur de l'été : la grêle en juin, juillet et août

Carte 8a : mai



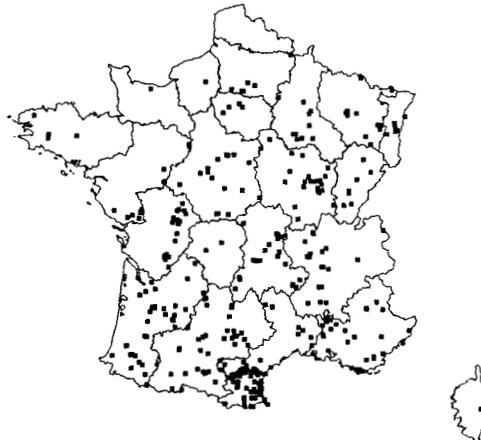
Carte 8b : juin



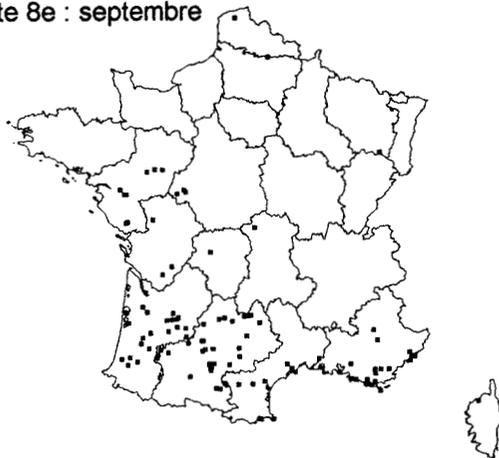
Carte 8c : juillet



Carte 8d : août



carte 8e : septembre



un point représente une commune touchée par la grêle de 1990 à 1996 (sauf 1993)

Conception et réalisation : F. Vinet, IMAR-IGARUN

Source : Argus de la presse/GNEFA

Carte 8 - Répartition mensuelle des chutes de grêle d'été (d'après la presse)

A l'inverse du Bassin parisien, le Nord-Est se maintient même en juillet et août avec 16 chutes à Nancy et 18 à Luxeuil pour ces deux mois ce qui laisse penser que, contrairement au Bassin parisien, les chutes de grêle dans cette région ne sont pas seulement dues aux circulations d'ouest de printemps mais font intervenir des masses d'air d'origine méridionale (Gravier J. et Roussel I., 1997).

Le Centre-Est et le Sud-Est sortent renforcés, en particulier le Lyonnais et les Alpes du Sud. Nous avons déjà vu (carte 4) que les mois de juin, juillet et août y sont les mois les plus grêlifères non seulement de l'été mais aussi de l'année entière. Le Sud-Ouest intérieur (Vallée de la Garonne et Ariège) apparaît également avec plus de 10 chutes en juillet et août.

La répartition mensuelle des données de la presse (cartes 8a à 8e) conforte l'idée d'une forte régularité de la grêle tout l'été dans le sud-ouest de la France où aucun mois n'est épargné. Le Roussillon est particulièrement touché en juillet et en août ce qui confirme les données de la station de Perpignan. Le mois de septembre est surtout grêlifère dans le sud de la France.

4- Variation et variabilité interannuelle des chutes de grêle

4.1- La variabilité interannuelle des chutes de grêle d'été

Statistiquement, le risque ne se définit pas seulement par le nombre total ou moyen de chutes de grêle. Il se définit aussi par la variabilité du phénomène.

4.1.1- L'inadaptation des méthodes classiques

Les études classiques de la variabilité des séries statistiques font appel à l'écart-type interannuel et au coefficient de variation. Ces méthodes se sont révélées décevantes ici que ce soit pour les paramètres de variabilité absolue (écart-type) que pour les paramètres de variabilité relative. La normalité des séries n'est pas toujours évidente. Par ailleurs, le calcul d'écart-type sur des populations complètement différentes amplifie la variabilité calculée des stations à faible nombre de jours avec chutes de grêle.

Enfin, la répartition spatiale de ces paramètres semble aléatoire, il nous a semblé qu'elle n'apportait rien à la connaissance géo-climatologique du phénomène grêle. Les cartes de l'écart-type ou même du coefficient de variation interannuelle sont étroitement dépendantes des effectifs bruts. Ces chiffres, assez théoriques auraient peu de signification concernant le risque-grêle.

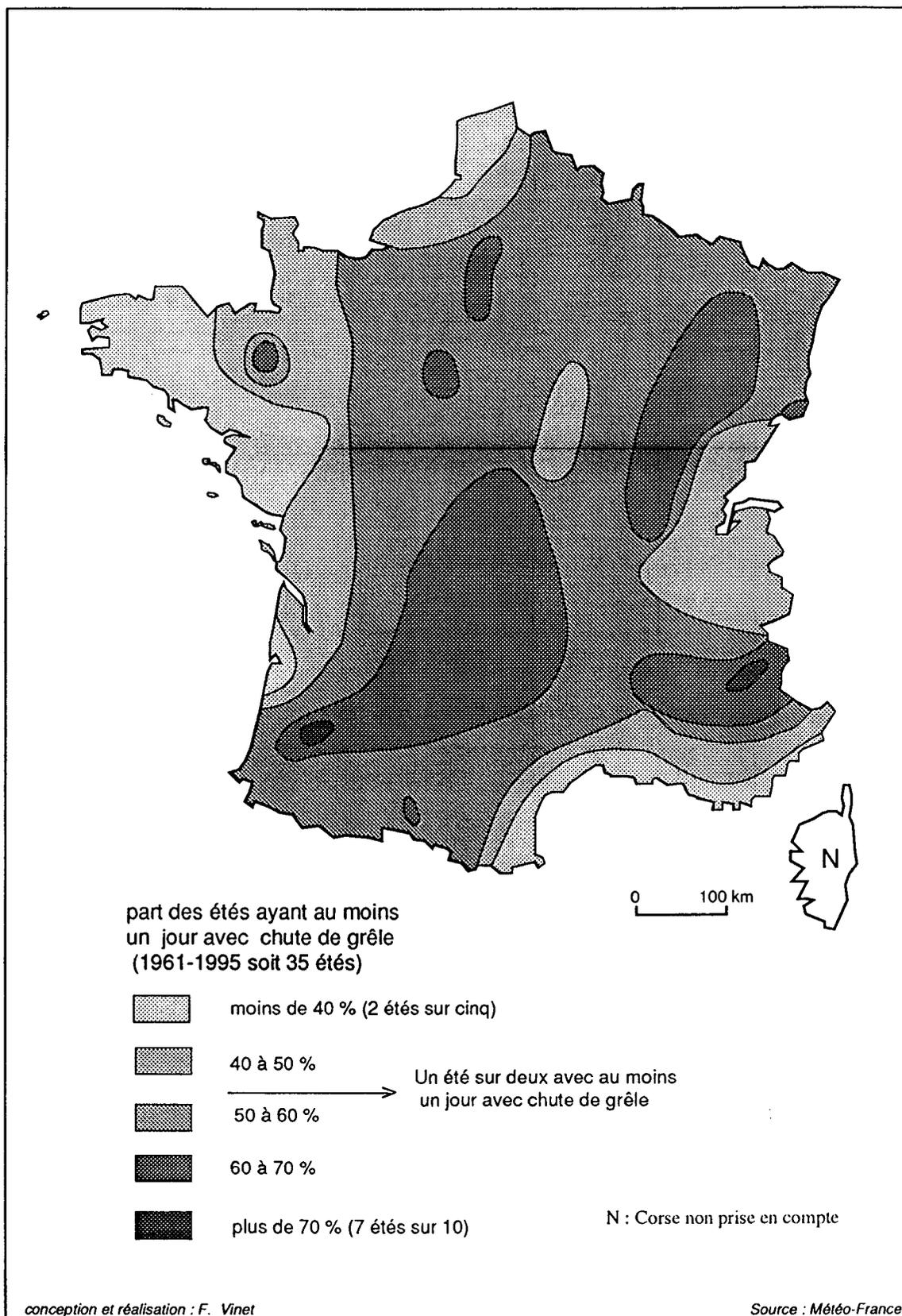
4.1.2- La mise en évidence de la variabilité interannuelle des chutes de grêle

Un premier chiffre permet d'approcher cette variabilité interannuelle : le nombre maximum de jours avec chute par été atteint dans chaque station. Ce nombre varie de 1 à l'Ile d'Ouessant en 1983 et à Istres (1994) à 7 à Nancy en 1971. Dans la plupart des stations, le nombre annuel de jours avec grêle le plus élevé se situe entre 2 et 4. On retrouve régionalement les tendances décrites pour les variables précédentes (nombre de jours avec chute de grêle d'été voir carte 5).

Le nombre maximum de chutes par an reste toutefois un paramètre secondaire dans la définition du risque-grêle compte tenu de l'absence de renseignement sur l'intensité. En effet, lorsqu'un même endroit est frappé par plusieurs chutes de grêle dans un seul été, c'est l'intensité des chutes qui va déterminer l'importance des dégâts. Prenons l'exemple d'une hypothétique parcelle agricole près de la station d'Agen. Cette station a subi un seul jour avec chute de grêle entre mai et septembre 1970 et 4 jours avec chutes de grêle en été 1972. Rien ne dit *a priori* que les 4 chutes ont fait plus de dégâts qu'une seule chute annuelle sans parler du fait déjà évoqué (Gravier J. et Roussel I., 1997) qu'il peut y avoir plusieurs chutes de grêle dans un même "jour avec chute de grêle". On atteint là les limites des données occurrenceielles.

Le critère le plus commode pour montrer cette variabilité des chutes de grêle est de comptabiliser le nombre d'étés avec au moins une chute de grêle (carte 9) à ne pas confondre avec le nombre moyen de chute par été qui est un paramètre de tendance moyenne. Ce dernier paramètre est calculé, il est donc, d'un certain point de vue, théorique, alors que le nombre d'années avec au moins une chute de grêle est réel car issu d'un dénombrement pour chaque station (carte 9).

Dans une bande qui s'étire des Landes à la Lorraine, plus de 6 étés sur 10 ont au moins une chute de grêle. Cette part diminue un peu en Rhône-Alpes : à Saint-Etienne, on a recensé 20 années sur 35 (57 %) avec au moins une chute de grêle d'été, seulement 14 à Bourg-Saint-Maurice (40 %). Les pourcentages augmentent à nouveau dans les Alpes du Sud pour atteindre le maximum à Embrun où l'on a eu 27 étés sur 35 avec au moins une chute de grêle. Comparons Embrun et Nancy (tableau 8) : ces deux stations



Carte 9 - La fréquence des étés avec grêle

ont des fréquences de grêle d'été élevées. La grêle est plus fréquente en moyenne sur trente-cinq ans à Nancy mais le nombre d'étés avec au moins une chute de grêle est plus élevé à Embrun.

Tableau 8 - Comparaison des fréquences de grêle à Nancy et Embrun

stations (période 1961- 1995)	nombre de jours avec chute de grêle d'été en 35 ans (nombre moyen annuel)	nombre d'années avec au moins un jour avec chute de grêle	probabilité d'une année sans grêle d'été	probabilité d'occurrence d'une chute de grêle d'été
Nancy	55 (1,57)	25 (71 %)	1 an sur trois (33 %)	trois chutes en deux ans
Embrun	44 (1,26)	27 (77 %)	1 an sur quatre (25 %)	cinq chutes en quatre ans

Source : Météo-France

La probabilité d'une année avec grêle est plus forte à Embrun ce qui est un facteur de risque supplémentaire. Globalement, on retrouve les répartitions géographiques évoquées plus haut. A la lecture détaillée des chiffres, des nuances apparaissent. Pour apprécier ces nuances, nous avons mis le nombre de jours d'été avec chute de grêle en rapport avec le pourcentage d'étés avec au moins une chute de grêle.

La fréquence de la grêle et le pourcentage d'années avec au moins une chute de grêle sont évidemment fortement liés, mais l'étude des résidus de la régression entre les deux variables efface l'effet du nombre global. L'analyse des résidus permet de mettre en évidence les variations spatiales d'une variable Y "toute valeur de X égale par ailleurs".

variable X : Nombre total de jours avec grêle d'été en 35 ans

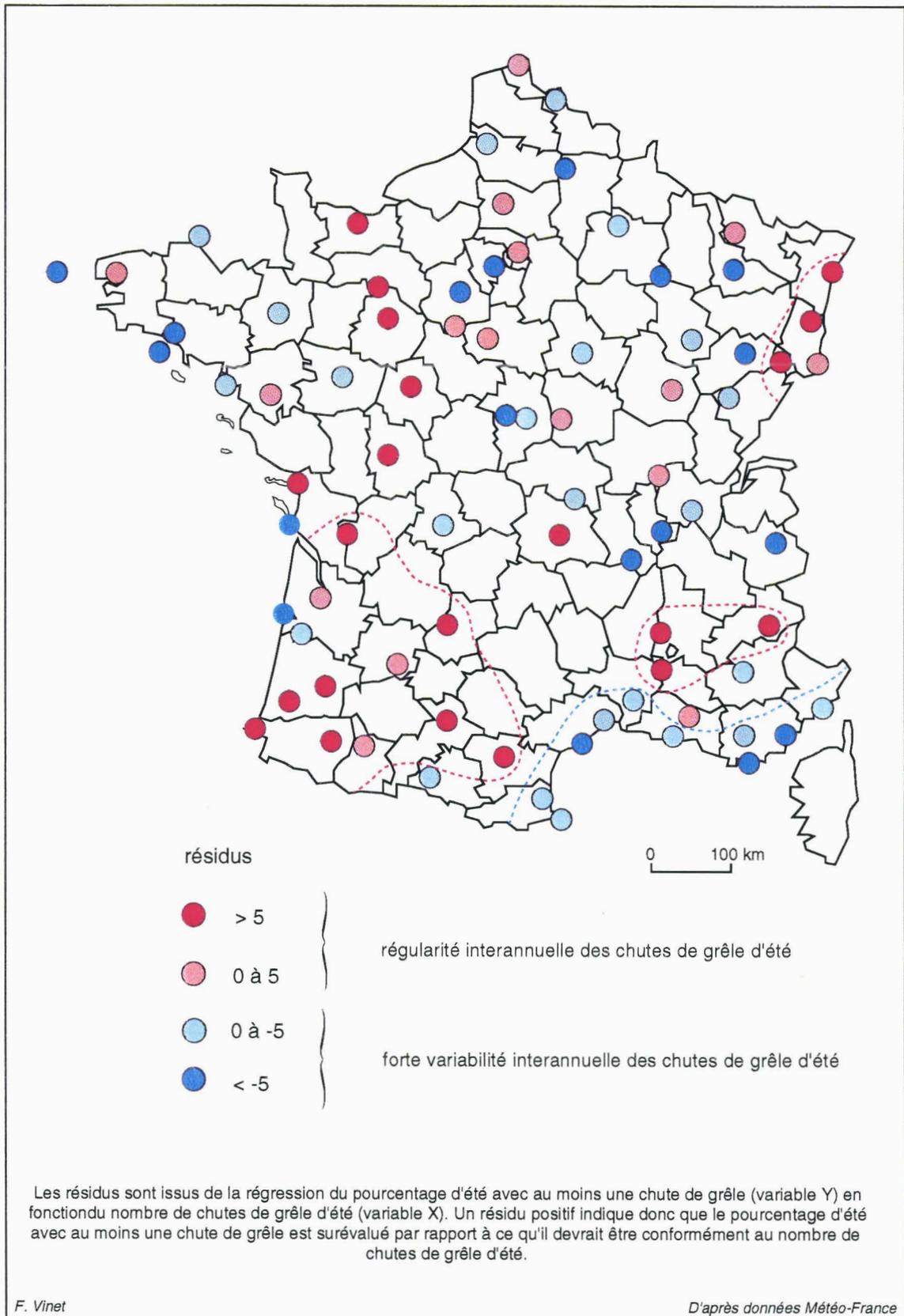
variable Y : pourcentage d'étés avec au moins une chute de grêle

nombre d'individus : 79 stations

La droite d'ajustement a pour équation $Y = 1,31X + 13,78$

La régression linéaire montre une forte relation entre les deux variables. Le r^2 est de 0,88 ce qui signifie que les variations (spatiales puisque les individus sont des points repérés dans l'espace) des deux séries se recoupent à 88%.

Le résidu défini comme suit $e = y - y'$ (y' = valeur ajustée) est calculé pour chaque station et cartographié (carte 10).



Carte 10 - La variabilité interannuelle des chutes de grêle d'été

Un résidu négatif signifie que y' est supérieur à y donc que le pourcentage réel d'étés avec au moins une chute de grêle (variable Y) est sous-évalué par rapport à ce que laisserait prévoir le nombre de chute d'été. C'est l'inverse pour un résidu positif. Une station au résidu positif est une station où, toute chose égale par ailleurs pour un même nombre global de chutes en 35 ans, les chutes de grêle sont étalées sur un plus grand nombre d'années. La grêle risque de revenir plus souvent, ce qui est un facteur de risque.

Les résidus positifs, donc les stations où, pour un même nombre global de jours avec chute, la grêle revient plus régulièrement, sont majoritaires dans le Sud-Ouest : résidu de 14 à Gourdon, 7,7 à Mont-de-Marsan et 5,23 à Toulouse...Seules les stations littorales (Cazaux, Cap-Ferret) ont un résidu négatif. Les résidus sont positifs dans le sud des Alpes (Embrun) et dans la basse vallée du Rhône (Montélimar, Orange) ainsi qu'en Alsace. La variabilité interannuelle y est donc moins forte.

Sur le pourtour de la Méditerranée, les résidus sont presque partout négatifs ce qui montre que la grêle est concentrée sur un petit nombre d'années. C'est le cas aussi dans le Nord-Est (Nancy $e = -14,7$, Luxeuil $e = -6,78$).

Dans le reste de la France, stations à résidu positif et stations à résidu négatif se répartissent sans préférence régionale apparente.

Dans les régions où la grêle est plus régulière (résidus positifs) sans forcément être plus fréquente (Sud-Ouest, sud du couloir Rhodanien, Alsace), les caractéristiques géographiques (topographie, situation...) priment et font de ces régions des régions "intrinsèquement" grêlifères. En revanche, dans les autres régions, la variation interannuelle est plus forte. Des années sans grêle peuvent succéder à une ou plusieurs années très grêlifères. La région n'est pas (ou moins) intrinsèquement grêlifère et le caractère grêligène des étés dépend avant tout de situations météorologiques pouvant générer de l'instabilité. Il nous appartiendra d'éclaircir ce point en analysant des situations météorologiques grêligènes en nous demandant comment la configuration topographique régionale se combine à la circulation atmosphérique générale pour déterminer le caractère grêligène des situations et le caractère grêlifère de la région. Le cas du Sud-Ouest est à cet égard intéressant. Son originalité et sa diversité climatiques ont été bien montrées par Jean-Pierre Vigneau (1990a et b). Nous verrons comment s'y insère le paramètre grêle.

4.2- Evolution de la fréquence des chutes de grêle en France entre 1961 et 1995

La longueur relative de la série permet d'envisager l'étude de l'évolution globale de la fréquence de la grêle en France entre 1961 et 1995. Peut-on détecter une quelconque tendance dans la série chronologique (figure 4) ? Y a-t-il des cycles réguliers alternant années grêlifères et années peu grêlifères ? Afin de mettre en évidence une éventuelle organisation dans la série, nous avons utilisé le coefficient r_s de Spearman qui présente l'avantage d'être peu exigeant en matière de distribution (il n'exige pas de distribution normale, voir Sneyers R., 1975, p.10). Le coefficient de Spearman se calcule ainsi :

$$r_s = 1 - \frac{6}{n(n^2-1)} \sum (y_i - i)^2$$

avec n : nombre de couples ($y ; i$)

y : rang décroissant de chaque observation

i : rang des années (1961=1 ; 1962 = 2...)

on a : $r_s = 0,0045$

Il est largement inférieur au seuil donné par les tables de significativité (annexe 2). L'hypothèse nulle est acceptée. Il n'y a donc pas de tendance discernable (figure 4) dans l'évolution du nombre annuel de jours avec chute de grêle sur l'ensemble de la période. Cette stationnarité sur le long terme se retrouve à l'échelle régionale et stationnelle. La moyenne mobile au pas de cinq ans (figure 4) montre une alternance irrégulière d'années grêlifères et d'années non grêlifères.

5- La fréquence de la grêle d'été en France : essai de régionalisation

On a vu dans la présentation des sources l'indépendance statistique des stations, même les plus rapprochées. Toute classification repose donc sur des affinités entre des stations, affinités statistiques qui reflèteraient les tendances grêlifères régionales. Cette typologie ne peut être que provisoire. Elle n'est qu'une présentation synthétique des

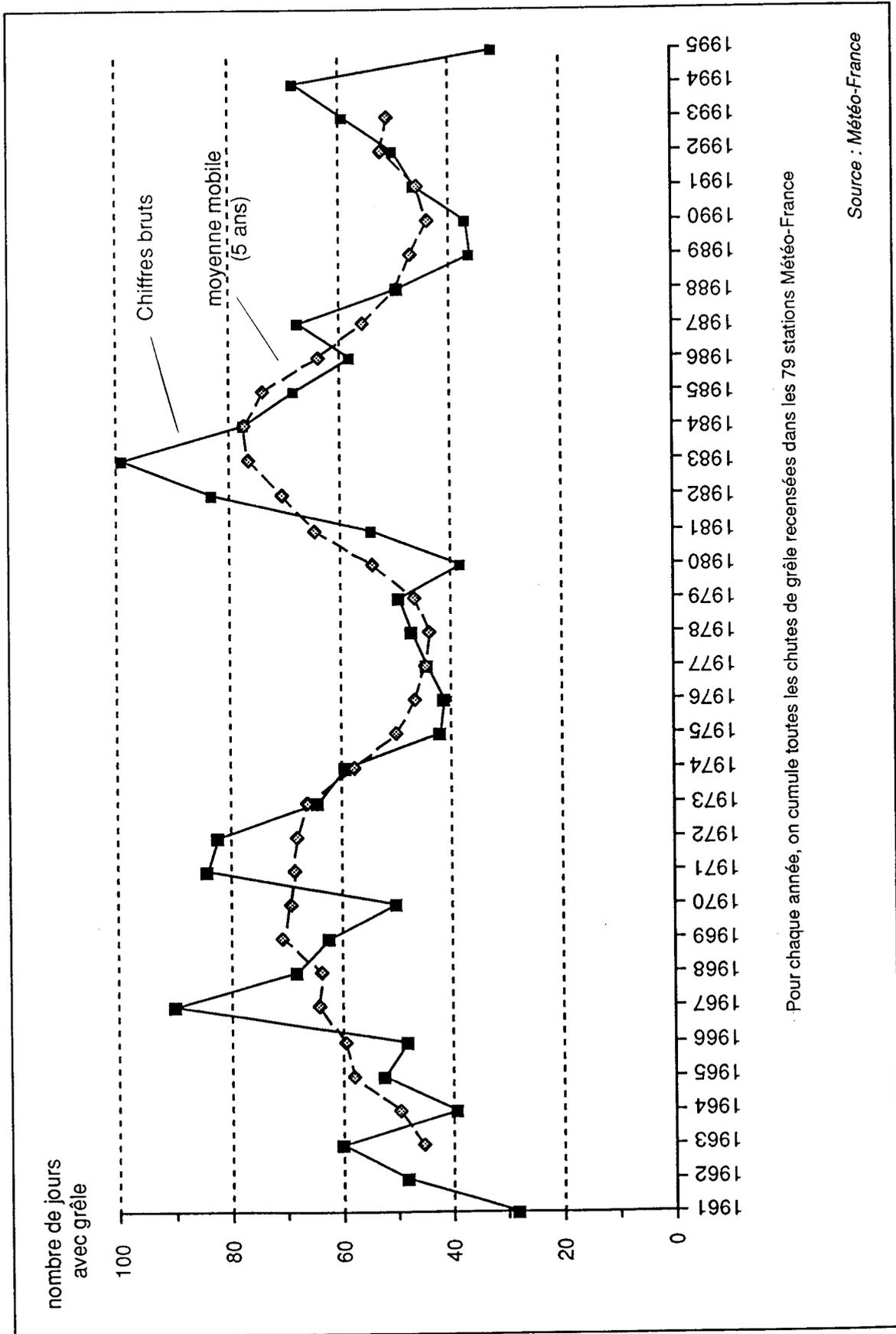
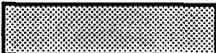


Fig. 4 - Evolution du nombre annuel de chutes de grêle en France entre 1961 et 1995

Tableau 9 - Coefficients de corrélation entre les principaux paramètres "grêle"

variables	% de grêle d'été	nombre de jours avec chute de grêle d'été	nombre de jours avec chute de grêle en juin, juillet, août	écart-type interannuel du nombre de jours avec chute de grêle d'été	nombre d'étés avec au moins un jour avec chute de grêle
% de grêle d'été	1	0,48	0,66	0,03	0,46
nombre de jours avec chute de grêle d'été		1	0,86	0,11	0,94
nombre de jours avec chute de grêle en juin, juillet, août			1	0,003	0,82
écart-type interannuel du nombre de jours avec chute de grêle d'été				1	0,09
nombre d'étés avec au moins un jour avec chute de grêle					1

 r significatif (degré de liberté = 77) pour risque d'erreur = 0,02

Les deux variables retenues pour la typologie des stations (79 individus) sont :

X : pourcentage de la grêle d'été dans le nombre annuel de chute.

Y : nombre de chute de grêle estivales (mai-septembre).

résultats de ce chapitre, un premier découpage spatial qui sera affiné ou nuancé dans les chapitres suivants par la grêlimétrie et l'étude des conditions synoptiques grêligènes.

5.1- Le choix des critères

Pour classer les 79 stations Météo-France, les critères sont peu nombreux. Ils émanent tous de la même source à savoir le dénombrement des jours avec chute de grêle. Les données se sont avérées trop pauvres pour tenter une classification multivariée (de type classification ascendante hiérarchique). Le tableau 9 donne les valeurs des coefficients de corrélation r entre différentes variables.

Les relations entre les variables sont de trois types. Les **relations fortes** ($r > 0,8$) sont peu discriminantes. Le nuage de points est resserré ; il ne permet pas de différencier les stations sauf pour les valeurs extrêmes. Les **relations très faibles** (non significatives) concernent les relations entre l'écart-type interannuel du nombre de jours avec chute de grêle d'été et les autres variables. On a vu l'inadaptation de l'écart-type dans l'étude de la variabilité interannuelle. Ce tableau en donne la confirmation. Les couples de variables à très fort coefficient de corrélation sont redondants ; leur choix n'est donc pas pertinent pour le classement des stations. Les critères d'une classification bivariée sont à choisir dans un couple de variables ayant un **coefficient de corrélation moyen** (0,4 à 0,7). La significativité du r prouve l'existence d'une liaison statistique entre les variables mais sa valeur moyenne garantit une bonne différenciation entre les stations (résidus assez forts, dispersion du nuage de points).

5.2- Typologie régionale des stations

La classification est donc fondée sur la répartition saisonnière et le nombre de chute de grêle d'été, ce dernier critère étant on l'a vu le plus déterminant dans la définition du risque-agent. A l'échelle nationale, cinq grands types (figure 5 et tableau 10) peuvent être identifiés.

Type 1 : le littoral atlantique se caractérise par un faible nombre de chute de grêle d'été. La grêle est ici un phénomène d'hiver et de printemps. Le gradient littoral-

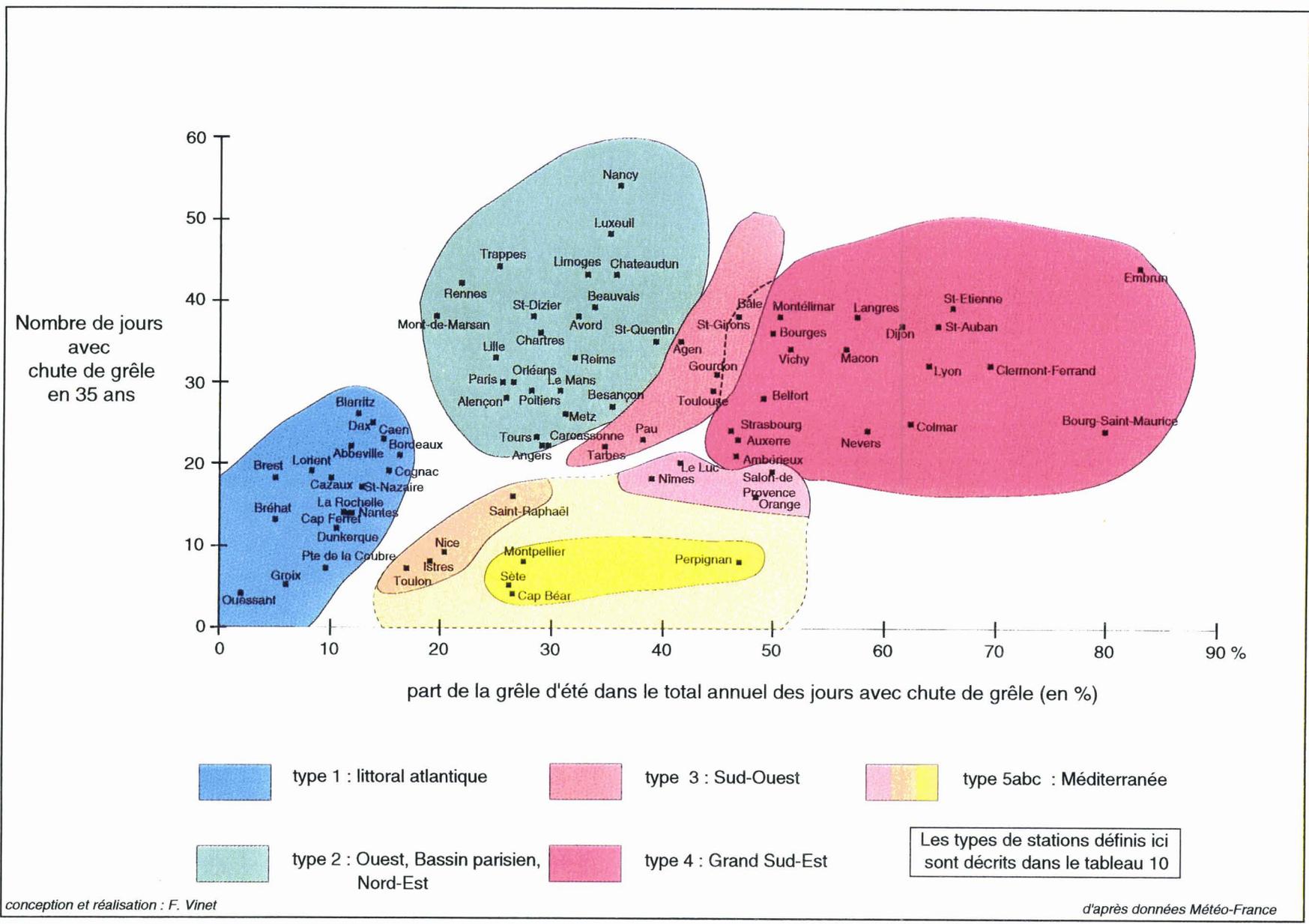


Fig. 5 - Typologie régionale des stations Météo-France

intérieur est fort et dès que l'on quitte la côte, le nombre de chutes de grêle d'été augmente et le maximum saisonnier se déplace vers la fin du printemps. Ce gradient laisse apparaître des sous-types :

Type 1a : littoral breton : la grêle d'été y est pratiquement inconnue. La fréquence de la grêle est maximale en hiver.

Type 1b : littoral atlantique : il regroupe les stations de la côte atlantique (exceptées les stations bretonnes !). La grêle d'été est rare. Le maximum de grêle est hivernal ou printanier.

Type 1c : arrière-pays. Dès que l'on s'éloigne des côtes, le nombre de chutes de grêle augmente mais le maximum saisonnier reste printanier.

Type 2 : Ouest, Bassin parisien, Nord-Est. Ce type regroupe des stations fort éloignées (de Limoges à Luxeuil). La station de Besançon a été incluse dans ce type. Ce type est marqué par une fréquence assez élevée de la grêle d'été due principalement aux mois de mai et de juin. Le maximum tardi-hivernal observé sur les côtes atlantiques est décalé vers l'été mais ce passage ne se fait pas de façon homogène du littoral vers l'intérieur.

C'est en fait un type de transition. L'espace concerné recoupe approximativement les régions classées habituellement dans le climat océanique de transition ou le "climat océanique plus ou moins altéré" de Pierre Pagney (1988, p.14), ce ventre mou de la climatologie française dénoncé par Jean-Pierre Vigneau (1990a, p.346). La grêle ne déroge pas à cette loi. Nous n'avons pu identifier de sous-types sauf peut-être pour le Nord-Est. Les disparités entre stations, parfois proches comme Bourges et Avord, traduisent des différences soit dans la qualité des relevés soit dans les conditions topoclimatiques locales (relief...) mais il n'est pas possible avec ces données de discerner des différenciations spatiales plus fines.

Type 3 : le Sud-Ouest (Vallée de la Garonne et piémont pyrénéen) a la particularité de cumuler de hautes fréquences annuelles (5,5 chutes par an à Mont-de-Marsan) et des pourcentages assez forts - mais moins forts que dans le Centre-Est - de chutes de grêle estivales (42 % à Agen et 45 % à Toulouse). Tout ceci donne des valeurs de chutes estivales de l'ordre d'une trentaine, soit une chute par an. Les stations du Sud-Ouest se distinguent des stations rhône-alpines par des chutes printanières plus nombreuses.

C'est dans le Sud-Ouest que les gradients grêlifères entre littoral et intérieur sont les plus resserrés. Le nombre de chutes de grêle augmente rapidement entre le Cap-Ferret et l'arrière-pays (Mont-de-Marsan dont les régimes et fréquences sont ceux du

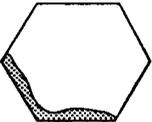
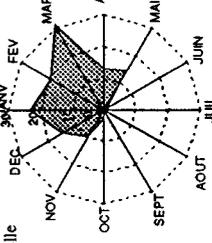
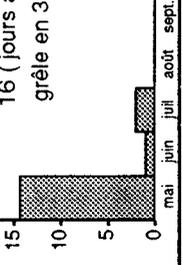
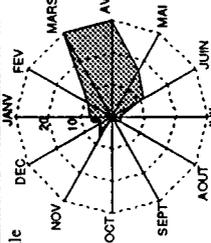
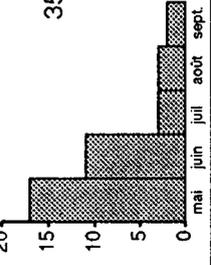
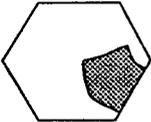
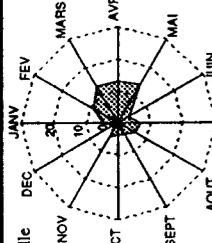
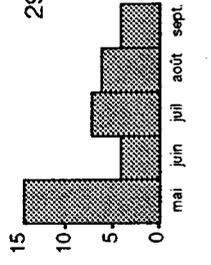
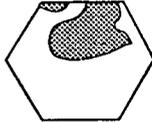
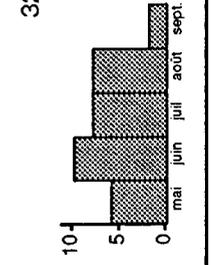
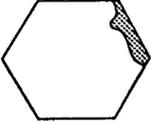
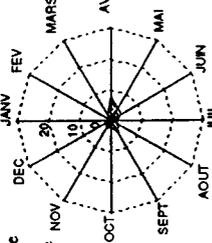
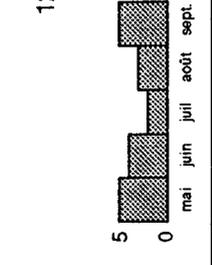
région, nombre de stations, localisation	Répartition annuelle de la grêle et part de la grêle d'été dans une station représentative	Répartition mensuelle de la grêle d'été dans la station représentative du type	variabilité interannuelle (moyenne des stations)	Observations
<p>Type 1 : Côtes atlantiques</p> <p>3 sous-types</p> 	<p>Répartition mensuelle de la grêle à Saint-Nazaire</p>  <p>10 % de grêle d'été</p>	<p>16 (jours avec grêle en 35 ans)</p> 	<p>13 années sur 35 avec grêle d'été (1 an sur trois)</p>	<p>Trois sous-types</p> <ul style="list-style-type: none"> a- breton b- littoral c- arrière-pays
<p>Type 2 : Ouest, Bassin Parisien, Nord-Est</p> <p>23 stations</p> 	<p>Répartition mensuelle de la grêle à Chartres</p>  <p>30 % de grêle d'été</p>	<p>35</p> 	<p>21 années avec grêle d'été (3 ans sur cinq)</p>	<p>La station de Mont-de-Marsan, se rapproche du type "Sud-Ouest" Fort gradient grélifère littoral/intérieur</p>
<p>Type 3 : Sud-Ouest</p> <p>7 stations</p> 	<p>Répartition mensuelle de la grêle à Agen</p>  <p>40 % de grêle d'été</p>	<p>29</p> 	<p>20 années avec grêle d'été (3 ans sur cinq)</p>	<p>Les limites sont imprécises au sud du Massif central faute de station.</p>
<p>Type 4 : Grand Sud-Est, Alsace</p> <p>19 stations</p> 	<p>Répartition mensuelle de la grêle à Macon</p>  <p>59 % de grêle d'été</p>	<p>32</p> 	<p>20 années avec grêle d'été (3 ans sur cinq)</p>	<p>Les limites sont imprécises au sud du Massif central faute de station.</p>
<p>Type 5 : Méditerranée</p> <p>3 sous-types</p> <p>12 stations</p> 	<p>Répartition mensuelle de la grêle à Salon-de-Provence</p>  <p>33,5 % de grêle d'été</p>	<p>12</p> 	<p>9 années sur 35 avec grêle d'été (1 an sur 4)</p>	<p>trois sous-types :</p> <ul style="list-style-type: none"> - a : arrière-pays - b : Provence littorale - c : Languedoc-Roussillon

Tableau 10 - Les types grélifères régionaux et leurs caractéristiques

type 2). La station de Mont-de-Marsan est située sur ce que l'on a appelé la dorsale pluviométrique (Escourrou G., 1982 ; Vigneau J.P., 1990a et b). Cette bande plus arrosée s'enracine dans les Pyrénées basques et remonte vers la Gironde parallèlement au littoral landais. La station de Mont-de-Marsan est, pour la grêle, très significative de cette dorsale. Vers l'intérieur (Agen) les rythmes changent. Un transect grossièrement ouest-est (tableau 11) met en évidence ces changements. La transition est rapide vers l'est. Dans la vallée de la Garonne apparaît un deuxième maximum en été, le maximum printanier restant marqué. Ces deux maxima sont un facteur de risque supplémentaire dans le Sud-Ouest.

Tableau 11 - Comparaison des stations du Cap-Ferret, Mont-de-Marsan et Agen

stations (distance à la mer)	nombre total de chutes de 1961 à 1995 (<i>nombre moyen annuel</i>)	part de la grêle d'été	nombre de jours avec chute de grêle d'été de 1961 à 1995 (<i>nombre moyen annuel</i>)	probabilité d'occurrence d'une chute de grêle d'été
Cap-Ferret (0 km)	123 (3,5)	11 %	14 (0,4)	deux chutes de grêle d'été en cinq ans
Mont-de- Marsan (70 km)	194 (5,5)	20 %	38 (1,1)	une chute de grêle d'été par an
Agen (156km)	84 (2,4)	42 %	35 (1)	une chute de grêle d'été par an

source : Météo-France

Type 4 : le **grand Sud-Est** forme un type relativement homogène pour la fréquence de la grêle avec en moyenne un jour avec chute de grêle chaque été. Le pic d'été est marqué et la grêle d'été devient majoritaire dans les vallées protégées des flux d'ouest et les Alpes du Sud. Le Jura, du moins ce que peut en laisser penser la station de Besançon a un comportement grêlifère qui se rapproche de celui du Nord-Est (fréquence et répartition saisonnière proches de celles de Metz). Nous avons fait figurer Mâcon dans le tableau typologique (tableau 10). Le cas d'Embrun est caricatural d'une station continentale, méridionale et montagnarde (figure 6). L'hiver et le printemps subissent peu de grêle, la station étant protégée et éloignée des flux d'ouest perturbés. La grêle tombe en été (80 % des chutes entre mai et septembre) avec un maximum de

juillet-août. La station de Bourg-Saint-Maurice, autre station intra-montagnarde située à la même altitude qu'Embrun (environ 800 m), compte moins de chutes de grêle d'été qu'Embrun. La latitude plus basse d'Embrun y favorise la thermoconvection estivale amplifiée par l'orientation SW-NE de la vallée de la Durance qui canalise la remontée des flux instables de SW.

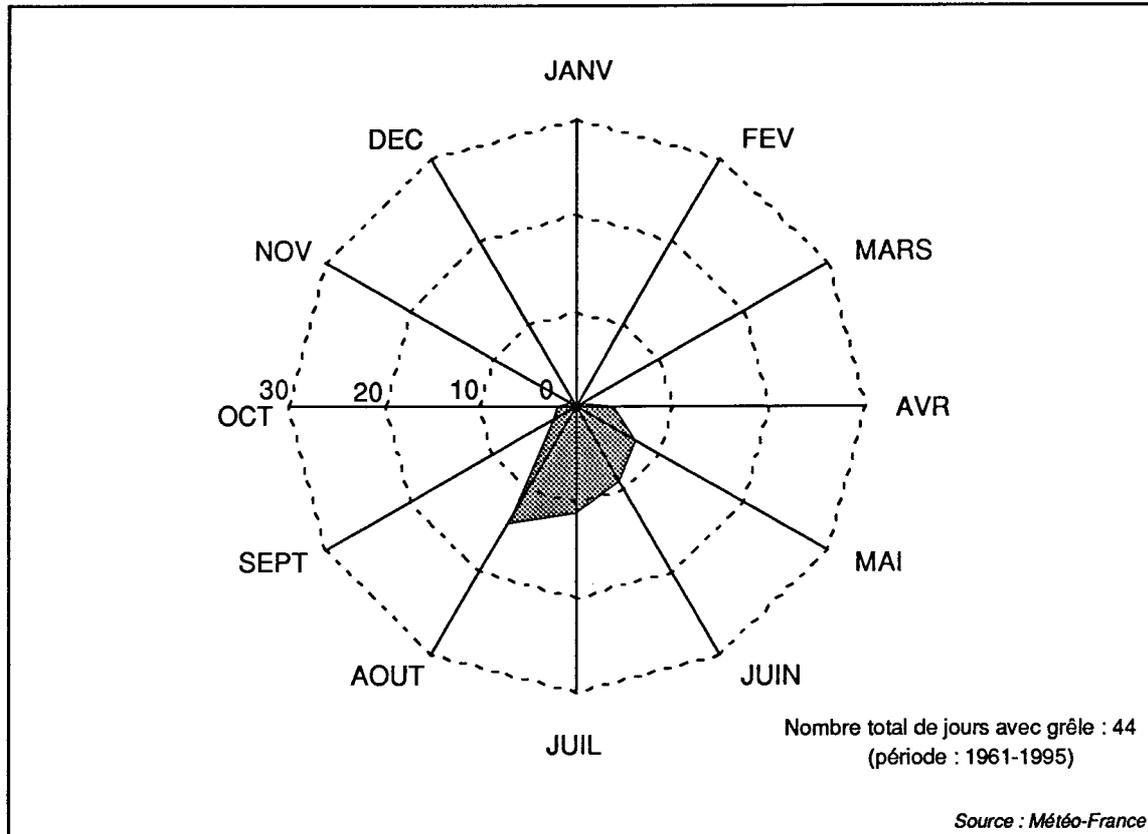


Fig. 6 - Répartition mensuelle des chutes de grêle à Embrun

Type 5 : à l'instar des côtes atlantiques, les côtes méditerranéennes forment un type particulier. Ce particularisme est accentué par l'encadrement topographique. Globalement, la fréquence des chutes de grêle diminue de moitié par rapport aux stations plus septentrionales ou continentales. On passe à moins d'une chute tous les deux ans. Les gradients sont tels que l'on peut distinguer nettement trois sous-types :

- sous-type 5a : arrière-pays méditerranéen (basse vallée du Rhône et intérieur) : transition vers la vallée du Rhône et le type 4 (voir ci-dessus). La fréquence reste assez élevée (0,5 chutes/an) avec un maximum estival ou tardo-printanier (mai à Salon-de-Provence, juillet à Orange)

- sous-type 5b : Provence littorale : nombre de chutes assez faible. le maximum est hivernal.

- sous-type 5c : Languedoc-Roussillon : le nombre de chutes de grêle d'été est très faible. Le maximum est tardi-hivernal sur les côtes et estival dans l'intérieur (Perpignan).

Après de nombreux essais, il s'avère qu'il n'existe pas de corrélation interrégionale évidente dans l'évolution interannuelle du nombre de chutes de grêle d'été. Le plus fort taux de corrélation interrégional est de 0,46 entre les stations du Nord-Ouest et les stations méditerranéennes, ce qui peut paraître étonnant pour deux régions aussi éloignées. La relation est certes statistiquement significative (pour un degré de liberté de 33 - 35 années moins 2 - voir annexe 3), mais ce coefficient de corrélation n'est pas satisfaisant géographiquement. Concommittance statistique n'implique pas un même fonctionnement climatique. C'est une autre limite des données ou simplement le reflet du caractère aléatoire de la grêle.

Conclusion

La principale conclusion au terme de cette étude fréquentielle est la mise en évidence de gradients à plusieurs échelles concernant la fréquence et les rythmes saisonniers de la grêle.

A l'échelle nationale, il existe deux France. La France du nord et de l'ouest, soumise directement au climat océanique, reçoit de nombreuses chutes de grêle mais majoritairement en hiver et au début du printemps et les chutes estivales y sont rares. Celles-ci sont plutôt l'apanage de la France de l'est et du sud-ouest. Cette différence tient à la plus ou moins grande exposition aux flux d'ouest de printemps, fortement grêligènes. Cet effet d'exposition/abri est renforcé par la disposition des massifs montagneux français.

A une échelle plus fine, les cartes mettent en évidence de forts gradients fréquentiels positifs entre les stations littorales et l'intérieur. Le cas de la grêle est une confirmation de l'originalité climatique des ambiances côtières démontrée dans une thèse récente (Planchon O., 1996). Les régimes saisonniers changent également. On passe d'un maximum hivernal (janvier-février) sur les côtes à un pic de printemps (avril ou mai). Le nombre de chutes de grêle d'été augmente fortement entre la côte et l'arrière-pays (50 à 100 kilomètres) pour se stabiliser ensuite. Le gradient littoral-intérieur est particulièrement resserré dans le Sud-Ouest. L'originalité climatique de

cette région, déjà maintes fois soulignée, (Vigneau J.P., 1990a et b, Dauphiné A., 1975) n'est pas démentie. Elle sera affinée dans le chapitre suivant à partir des données d'intensité de la grêle.

L'autre conclusion est la mise en évidence du rôle du relief à petite échelle. L'effet d'abri du relief est patent dans l'est du pays (Alsace, couloir séquano-rhodanien, vallées alpines). Dans ces vallées, la grêle d'été est majoritaire, à la fois à cause d'une déficience de la grêle d'hiver et d'une prédisposition à la thermoconvection instabilisante en été.

Les conclusions exposées ci-dessus montrent que la grêle s'insère dans les découpages climatologiques classiques de l'espace français. La typologie présentée concerne l'aléa grêle dans son expression purement climatologique bien que le fait d'isoler la grêle d'été ait été un premier élément de définition du risque-agent. L'approche du risque-agent par l'étude occurrenceielle ne peut être que partielle.

En effet, pour l'évaluation du risque-grêle, les résultats de l'étude des séries occurrenceielles Météo-France sont parfois discutables et en tout cas insuffisants. Notre objectif était de cerner la grêle à l'échelle nationale et d'isoler la grêle d'été qui nous intéresse au premier chef dans l'optique d'une étude du risque-grêle. La prise en compte de la fréquence de la grêle d'été est un premier pas mais le nombre de chutes de grêle d'été tel que nous l'avons défini cache des différences dans l'origine météorologique et l'intensité des chutes de grêle : le Bassin parisien, qui a des fréquences de chutes de grêle d'été comparables à celles du Sud-Ouest perd sa prédominance si l'on exclut mai et septembre. Par ailleurs, l'abondance numérique des données (7653 chutes sur 35 ans) ne doit pas cacher leur indigence qualitative. Il ne s'agit que de données occurrenceielles. L'analyse ne peut donc prétendre dépasser le simple stade monographique. Une approche du risque-agent ne peut se passer d'une étude de l'intensité des chutes de grêle. Une autre limite de ces données tient au maillage. Le nombre de stations (79) est faible.

Si intéressantes qu'elles soient, ces données doivent être complétées. Elles sont ponctuelles et ne donnent pas l'intensité des chutes. Une évaluation du risque-grêle nécessite évidemment un faisceau de renseignements regroupant des données d'occurrence (Presse, Météo-France...) et des données socio-économiques. Les données de l'Argus de la Presse sont prometteuses mais les séries sont encore trop courtes. La collecte des informations doit se poursuivre. Mais le meilleur moyen de quantifier le risque-grêle est le recours aux grêlimètres, au moins dans les régions où la grêle représente un enjeu suffisant. C'est le cas du sud-ouest de la France et de quelques autres départements.

Chapitre 2

La fréquence et l'intensité de la grêle d'été : l'apport de la grêlimétrie

1- La grêlimétrie

2- La fréquence et l'intensité de la grêle d'été : distribution spectrale et répartition temporelle

3- La répartition spatiale de la grêle d'été

Chapitre 2

La fréquence et l'intensité de la grêle d'été : l'apport de la grêlimétrie

Introduction

La seule prise en compte des données occurrenceielles n'est pas suffisante pour obtenir une définition du risque-grêle. Les aléas tels que les fortes précipitations, les coups de vents, le gel... sont mesurés dans les stations Météo-France. La grêle non. Or, la mesure de l'intensité de la grêle est nécessaire à la juste définition du risque-agent. Actuellement, le moyen le plus fiable, sans dire "objectif", de mesurer la grêle est de recourir au grêlimètre. Le grêlimètre est apparu au début des années 60 au Canada. Il est constitué d'une tige en métal supportant une plaque destinée à recevoir les impacts des grêlons. Cette plaque, naguère en aluminium, est depuis 1978 constituée d'un polystyrène extrudé dont la marque la plus répandue est le Roofmate. Ce grêlimètre est appelé grêlimètre passif. La plaque frappée par des grêlons garde la forme de l'impact. De la taille de ces impacts, on déduit le diamètre des grêlons.

Les grêlimètres se sont répandus dans le monde depuis les années 60 souvent en marge des réseaux météorologiques officiels. Une vingtaine de pays dans le monde comptent des réseaux de grêlimètres. En France, deux associations, l'ACMG (Association Climatologique de Moyenne Garonne) et l'ANELFA (Association Nationale d'Étude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques) ont mis en place depuis la fin des années 80 des réseaux de grêlimètres dans le sud-ouest de la France et quelques autres départements hors Sud-Ouest (Cher, Loire, Drôme et Vaucluse, Marne). Nous avons pu bénéficier des données grêlimétriques relatives à ces réseaux. L'exploitation des résultats s'est faite en étroite collaboration avec les responsables et techniciens de l'ACMG et de l'ANELFA. Ces données sont extrêmement riches et nous ne prétendons pas en faire une étude exhaustive. Nous nous concentrerons sur les aspects géo-climatologiques, à savoir la quantification de l'intensité et de la fréquence de la grêle à plusieurs échelles de temps et d'espace. Une de nos préoccupations sera la recherche de gradients spatiaux d'intensité et de fréquence de la grêle à l'échelle nationale, régionale, voire locale dans le but ultime d'affiner la géographie du risque-grêle en France. Les données occurrenceielles étudiées dans le chapitre précédent ont permis de dégager des gradients de fréquence de grêle à l'échelle nationale. Nous allons, dans ce deuxième chapitre, introduire, grâce à la

grêlimétrie, des paramètres d'intensité de la grêle et envisager la répartition spatiale de la grêle à une échelle beaucoup plus fine. Les données grêlimétriques permettent de descendre à l'échelle de l'averse.

* Des précisions de vocabulaire sont nécessaires sur les unités de temps et de lieu que nous emploierons :

- La chute de grêle : nous appellerons chute de grêle, le résultat du dépouillement d'une plaque de grêlimètre.

- L'averse de grêle : l'averse de grêle (Doras N. et Mezeix J.F. (1979) parlent de "figure de grêle") est l'ensemble des plaques touchées lors d'un même orage. Dans l'averse, il y a théoriquement continuité spatiale et temporelle. Mais la définition d'une averse est souvent délicate même en pluviométrie (Roussel, 1989). Si les grosses averses sont faciles à isoler, les petites chutes isolées sont difficiles à définir en tant qu'averse.

- La journée de grêle : la journée de grêle est l'ensemble des chutes détectées par le réseau en 24 heures (0 h--->minuit). Le rythme nyctéméral des chutes de grêle avec un maximum d'après-midi autorise le découpage en journée allant de 6 heures TU à 6 heures TU (J+1).

- La séquence de grêle : regroupe plusieurs journées consécutives avec grêle sur un espace convenu.

Avant d'aborder les résultats, il est indispensable de revenir sur les données utilisées. Les données grêlimétriques abondamment utilisées par les physiciens de l'atmosphère le sont en revanche peu en géo-climatologie. Comme pour tout autre paramètre climatologique, le traitement et l'interprétation des mesures grêlimétriques exige de nombreuses précautions que nous exposerons. Cette longue introduction méthodologique s'impose pour plusieurs raisons :

- la grêlimétrie n'a jusqu'à présent pas été utilisée par les géo-climatologues.

- les données sont riches et nous n'avons pu tout utiliser. Notre étude se concentre sur certains paramètres jugés significatifs pour la géographie de l'aléa grêle. En revanche, des paramètres à l'intérêt moins immédiatement géographique ont été laissés à la compétence des physiciens de l'atmosphère.

- la troisième raison tient à la présentation des résultats que nous avons voulu la plus géographique possible au détriment peut-être d'une approche plus statistique. Certains traitements statistiques supplémentaires auraient certes été intéressants mais nous avons jugé que leur intérêt géographique immédiat n'était pas évident.

1- La grêlimétrie

1.1- Grêlimètres et réseaux grêlimétriques

1.1.1- Les types de grêlimètres

Le grêlimètre rend compte de l'ensemble de la grêle tombée lors d'une averse. Il existe des grêlimètres séquentiels qui enregistrent l'averse de grêle en fonction du temps. Le grêlimètre collecteur-conservateur permet, lui, par un système complexe d'augets, de conserver (en les congelant) les grêlons tombés lors de l'averse (Admirat, 1982). Ces deux derniers types de grêlimètres sont coûteux, tant pour l'acquisition et la maintenance que pour le dépouillement des données. Ils ne sont utilisés que ponctuellement pour des campagnes de mesure de courte durée.

1.1.2- Le grêlimètre passif

L'appareil le plus répandu est le grêlimètre passif (photographie 1). La plaque de Roofmate se déforme sous l'impact du grêlon. Chaque grêlon grave une cuvette de grêlon dans le Roofmate. La plaque mesure 1040 cm². Le polystyrène est employé universellement depuis la fin des années 70 mais il en existe de différentes qualités. Au début de chaque saison, les lots de plaques de polystyrène doivent être étalonnés à l'aide de billes d'acier afin de déterminer le rapport entre les cuvettes d'impact et le diamètre réel des grêlons. Le coût d'un grêlimètre est d'environ 150 francs, plus 4 à 5 francs par plaque. Nous avons reproduit (photographie 2) un extrait de plaque impactée et encrée. Les impacts de grêle apparaissent en blanc. Dans le cas des fortes chutes, les impacts se superposent, la lecture devient délicate et exige un œil exercé.

1.1.3- Les types de réseaux grêlimétriques

Depuis les années 60 et encore aujourd'hui, la grêlimétrie se conçoit exclusivement en relation avec des programmes de lutte anti-grêle. C'est pourquoi les réseaux ne couvrent que certaines régions réputées grêlifères où s'est développée dans le monde agricole une forte sensibilité à ce problème. Ceci explique que les réseaux soient des réseaux *ad hoc* hors des réseaux météorologiques institutionnels. Pour qu'il y ait



Photographie 1 - Grélimètre en place dans les Hautes-Pyrénées
Hauteur du support : 1,5 m. Surface de la plaque : 1040 cm² (cliché : ANELFA)



Photographie 2 - plaque grélimétrique (encrée) relevée le 5 juillet 1993 à Souyeaux(65)
Echelle approximative : 1/4
Caractéristiques de la chute : 15 heures 30 HL, durée 10 minutes, diamètre de grêlon maximal : 34 mm, 3800 grêlons au m², énergie : 515 J.m⁻² ; masse : 2,92 kg.m⁻²,
(cliché : ANELFA)

mesure grêlimétrique, il faut un enjeu. Cet enjeu est directement ou indirectement économique.

Les réseaux de grêlimètres sont de deux types :

- les réseaux temporaires : ils sont installés pour une courte période dans le cadre de programmes scientifiques destinés à mieux connaître les cellules convectives grêligènes. Leur durée de vie est courte (quelques années) et l'étendue du réseau limitée (quelques milliers de kilomètres carrés au maximum). Dans les années 1970 et 1980, plusieurs campagnes de grêlimétrie ont eu lieu en France (tableau 12). Nous réutiliserons (avec les précautions qui s'imposent) les données de ces réseaux soit à titre complémentaire dans les régions non couvertes par les réseaux actuels, soit à titre confirmatoire pour le Lot-et-Garonne couvert actuellement par le réseau ACMG.

- un deuxième type de réseau s'est installé en France dans les années 80. Ce sont des réseaux implantés progressivement par deux associations du Sud-ouest de la France. En 1996, l'ACMG disposait de 475 grêlimètres et l'ANELFA, d'un millier. Les caractéristiques de ces réseaux sont différentes de celles des réseaux temporaires décrits ci-dessus.

1.2- Les réseaux grêlimétriques en France

1.2.1- Les campagnes grêlimétriques des années 1970 et 1980 en France.

Les régions équipées de grêlimètres pendant quelques années furent le Languedoc, l'Auvergne et le Lot-et-Garonne. Ces réseaux servaient à évaluer le caractère grêlifère d'une région dans l'optique d'une application future d'une méthode de lutte anti-grêle. Ils étaient couplés à des mesures radar (Husson D., 1991) et des sondages afin de mieux connaître les averses de grêle et d'améliorer leur prévision (Admirat P., Waldvogel A., 1979).

Parmi ces campagnes grêlimétriques, il faut signaler celle de Grossversuch IV (tableau 12) qui n'a pas eu lieu en France mais en Suisse dans la région de Napf à mi-chemin entre Berne et Zürich. L'expérience Grossversuch IV fait autorité en matière d'étude de la grêle. De 1975 à 1981, la France par l'intermédiaire du GNEFA, la Suisse et l'Italie ont engagé cette étude destinée à tester la méthode de lutte anti-grêle mise au point par les Soviétiques. Nous ne nous étendrons pas sur les aspects de lutte anti-grêle qui demanderaient de trop longs développements. En 1983 (Mezeix J.F. et alii, 1986), les responsables scientifiques de l'expérience Grossversuch IV concluaient à l'absence d'efficacité de la méthode soviétique antigrêle. Les réseaux grêlimétriques temporaires

Tableau 12 - Les campagnes grêlimétriques en France et en Suisse depuis 1970

	Languedoc	Auvergne	Lot-et-Garonne	Grossversuch IV
durée	1972/1976	1973/1975	1981/1983	1975/1981
lieu	Hérault et ouest du Gard	Puy-de-Dôme	Lot-et-Garonne	plateau de Napf (Suisse centrale)
nbre moyen annuel de jours d'observation	111	106	122	110
surface équipée de grêlimètres	2400 km ² (sf 2000 km ² en 1972)	954 à 1026 km ²	2500 km ²	801 km ²
nombre de grêlimètres	250 à 300	106 à 114	400	211
distance entre deux grêlimètres	2,8 km	3 km	2,5 km	2 km
surface et forme de la maille	8 km ² (carrée)	9 km ² (carrée)	6,25 km ² (carrée)	3,8 km ² (losange)

D'après Husson et al. (1984), R.T. GNEFA N°50

El Haddad et al. (1980), R.T. GNEFA N°39

n'eurent donc pas de suite concrète sur le plan de la lutte. Mais cette expérience a produit une immense bibliographie dont une partie sur l'exploitation des données grêlimétriques⁵.

Ces réseaux avaient l'avantage d'être à maille serrée. La distance entre deux grêlimètres varie de 2 à 3 kilomètres soit une maille de 4 à 9 km². Le réseau étant en général régulier, il est divisé en mailles centrées chacune sur un grêlimètre. La maille est définie comme l'espace "couvert" par un grêlimètre. Cette maille permet d'évaluer la surface des averses de grêle.

1.2.2- Réseaux grêlimétriques et lutte anti-grêle

* Les associations de lutte anti-grêle

L'ANELFA : l'action de l'Association Nationale d'Étude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques créée en 1951 par Henri Dessens est, elle, spécifiquement consacrée à la lutte anti-grêle (annexe 4). Cinq employés permanents entretiennent le réseau de lutte anti-grêle et de grêlimètres dans 13 départements en 1996 (date à laquelle s'arrêtent nos données). Le réseau a évolué depuis les premières installations en 1987 dans la Haute-Garonne (tableau 13) jusqu'aux plus récentes dans le Vaucluse en 1996. A signaler que l'Aude et les Pyrénées-Orientales ont quitté l'ANELFA respectivement en 1992 et 1994. Ces départements continuent de faire de la lutte anti-grêle mais sansgrêlimétrie.

L'ACMG : L'Association Climatologique de Moyenne Garonne a été fondée en 1959. Son but est "d'apporter aux agriculteurs, par les moyens appropriés, une assistance technique sur les problèmes de l'influence du temps en agriculture"⁶. La grêle n'est qu'une partie de l'activité de l'ACMG qui s'occupe également de prévention gel et d'irrigation. Basée à Agen, elle étend son activité sur le Lot-et-Garonne, le Tarn-et-Garonne et la Gironde. Le réseau de grêlimètres dont les résultats sont disponibles depuis 1989 s'est densifié au fur et à mesure des années surtout à partir de 1994 (tableau 14). Le premier objectif de la grêlimétrie est de fournir des données au sol capables de valider la méthode de lutte testée par J.F. Berthoumieu et son équipe (annexe 4).

⁵ Nous n'avons pas référencé toutes les publications officielles liées à cette expérience. Cette bibliographie est consultable auprès du GNEFA. Nous avons seulement mentionné les principaux travaux faisant la synthèse des résultats (Mezeix J.F. et *alii*, 1986 ; Federer B. et *alii*, 1986) et les rapports techniques (R.T.) qui nous ont aidé à établir les protocoles d'exploitation des données grêlimétriques mises à notre disposition.

⁶ ACMG rapport d'activité 1994/95

Tableau 13 - Le réseau grélimétrique de l'ANELFA

années	nombre de grélimètres	surface approximative du réseau (en km ²)	nombre de départements
1987	97	5500	1
1988	323	14600	4
1989	606	45100	9
1990	728	53900	11
1991	830	54900	12
1992	951	62900	13
1993	916	56900	12
1994	893	59400	13
1995	970	59900	15
1996	1020	60900	15

Tableau 14 - Le réseau grélimétrique de l'ACMG

années	nombre de grélimètres	surface approximative du réseau (en km ²)	nombre de départements
1989	75	6900	3
1990	110	6900	3
1991	128	8272	3
1992	145	8550	3
1993	165	8825	3
1994	290	8962	3
1995	426	9140	3
1996	475	9300	3

N.B. Toutes les surfaces que nous donnons sont celles du polygone délimité par les grélimètres les plus éloignés du centre du réseau.

* La lutte anti-grêle.

L'ANELFA et l'ACMG mènent une lutte active anti-grêle. On nomme "lutte active" les méthodes qui se donnent pour objectif d'agir directement sur le nuage pour en atténuer le caractère grêligène, par opposition à la lutte "passive" ou préventive qui vise à protéger ou garantir les récoltes (assurance, filets). Nous n'entamerons pas ici de débat concernant les méthodes de lutte active. La littérature (qui n'est pas toujours du ressort du climatologue-géographe) est à ce sujet extrêmement abondante et ce thème mériterait à lui seul un travail développé. Nous exposons en annexe les procédés de lutte testés (ACMG) ou employés opérationnellement (ANELFA) par les deux associations (annexe 4).

1.2.3- L'implantation spatiale des réseaux

Du fait de leur objectif "opérationnel" et appliqué (surtout pour l'ANELFA) les réseaux grêlimétriques actuels dont sont issues les données brutes que nous avons exploitées, ont des caractéristiques spatiales différentes de celles des réseaux temporaires. Ce sont des réseaux de surface et de densité variables dans le temps et dans l'espace (tableau 13 et 14). Malgré un souci de bonne répartition, les grêlimètres ne forment pas un réseau régulier et géométrique. La maille n'est pas régulière et le nombre de grêlimètres change d'année en année, soit en densifiant le réseau déjà existant, soit en conquérant de nouveaux espaces. Le maillage n'est pas non plus aussi serré que celui des réseaux Languedoc ou Auvergne. En revanche, heureuse contrepartie, les réseaux de l'ANELFA et de l'ACMG couvrent de plus vastes espaces : en 1996, 70 000 km² étaient "couverts" de grêlimètres soit un huitième du territoire national. L'autre intérêt de ces réseaux est leur durée de vie plus longue que celle des réseaux temporaires. Nous avons arrêté notre étude à 1996 inclus mais la grêlimétrie s'est depuis étoffée et est appelée à continuer.

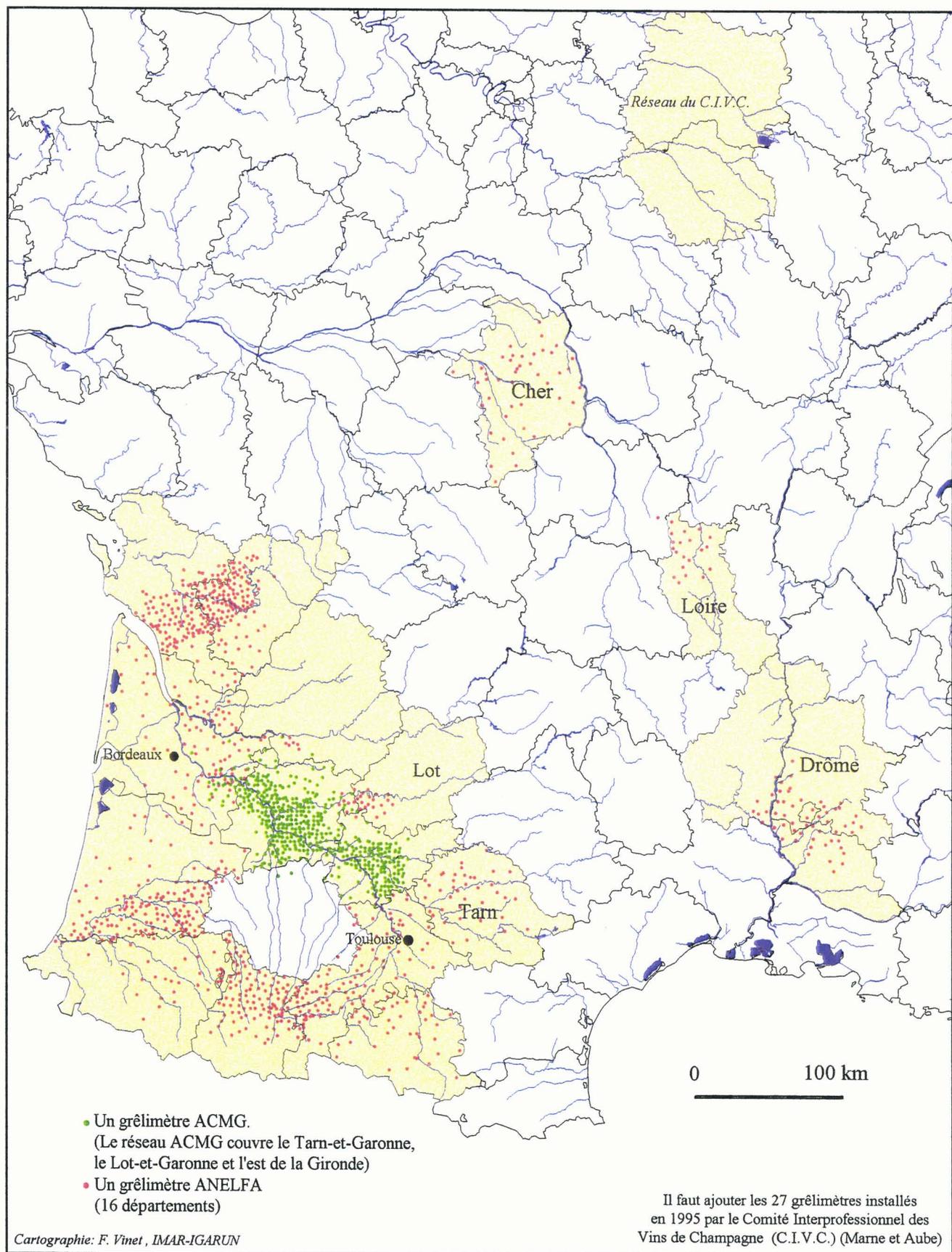
1.2.3.1- Une implantation liée à l'enjeu économique.

L'implantation des réseaux grêlimétriques en France actuellement (ANELFA et ACMG) est fortement liée à l'enjeu socio-économique que représente la lutte anti-grêle. C'est une autre différence entre les réseaux expérimentaux type Grossversuch IV et les

réseaux opérationnels. Pour Grossversuch IV (Federer B. et *alii*, 1986), le choix du plateau de Napf en Suisse comme lieu de l'expérience a été guidé par des considérations météorologiques et climatologiques, à savoir la forte fréquence de la grêle, la bonne visibilité radar, et la simplicité du fonctionnement aérologique de la région.

En revanche, l'objectif premier des grêlimètres des réseaux ANELFA et ACMG est de contrôler l'efficacité de la prévention de la grêle. Qui dit prévention de la grêle, dit enjeu socio-économique. Les grêlimètres sont donc implantés dans les régions agricoles où se concentrent les cultures sensibles à la grêle en délaissant les zones peu cultivées (carte 11). C'est flagrant dans les Charentes où l'espace couvert par les grêlimètres se calque presque parfaitement sur les espaces viticoles (Cognac et Bordelais) de ces deux départements. Dans les Landes, les grêlimètres se concentrent dans le sud-est du département, dans la vallée de l'Adour côtoyant les cultures de maïs et de céréales. Dans la forêt des Landes ne s'égrènent que quelques grêlimètres au gré des clairières de maïs irrigué. Le cas du Gers est particulier : le conseil général de ce département a décidé d'orienter ses subventions vers l'aide à l'assurance plutôt que vers la lutte active. Les partisans de la lutte active type ANELFA y sont nombreux. Sans parler de lutte active, il est regrettable qu'au moins quelques grêlimètres ne soient pas implantés dans ce département ce qui achèverait de couvrir le sud-ouest de la France et permettrait une meilleure connaissance de la grêle. L'adéquation entre réseau grêlimétrique et enjeu agricole est également vérifiable en Moyenne Garonne. L'implantation des grêlimètres se densifie dans les régions d'arboriculture fruitière que sont les vallées du Lot, du Tarn et de la Garonne. Les Petites Landes et les collines du Bas-Quercy sont peu équipées. A la limite, on pourrait dire qu'à l'échelle de la France la densité d'implantation des grêlimètres est une mesure de l'enjeu lié aux chutes de grêle. Dans la vallée de la Garonne, dans le vignoble de Cognac, la grêle est un risque majeur pour les agriculteurs. C'est en partie sous leur pression et grâce à leur aide que ces réseaux grêlimétriques sont maintenus et entretenus.

Enfin, il faut signaler que le Comité Interprofessionnel des Vins de Champagne a, dans le cadre d'une vaste programme d'étude de la climatologie du vignoble champenois, équipé ses 27 stations climatologiques de grêlimètres à partir de 1995 (Marne, Aisne, Aube). Le dépouillement des plaques est assuré par les techniciens de l'ANELFA. Les résultats sont encore trop récents pour être exploités mais les prochaines années apporteront des renseignements précieux sur la grêlimétrie d'une région climatologiquement différente du Sud-Ouest.



Carte 11 - Les réseaux grêlométriques en France en 1996

1.2.3.2- L'inégale densité des réseaux

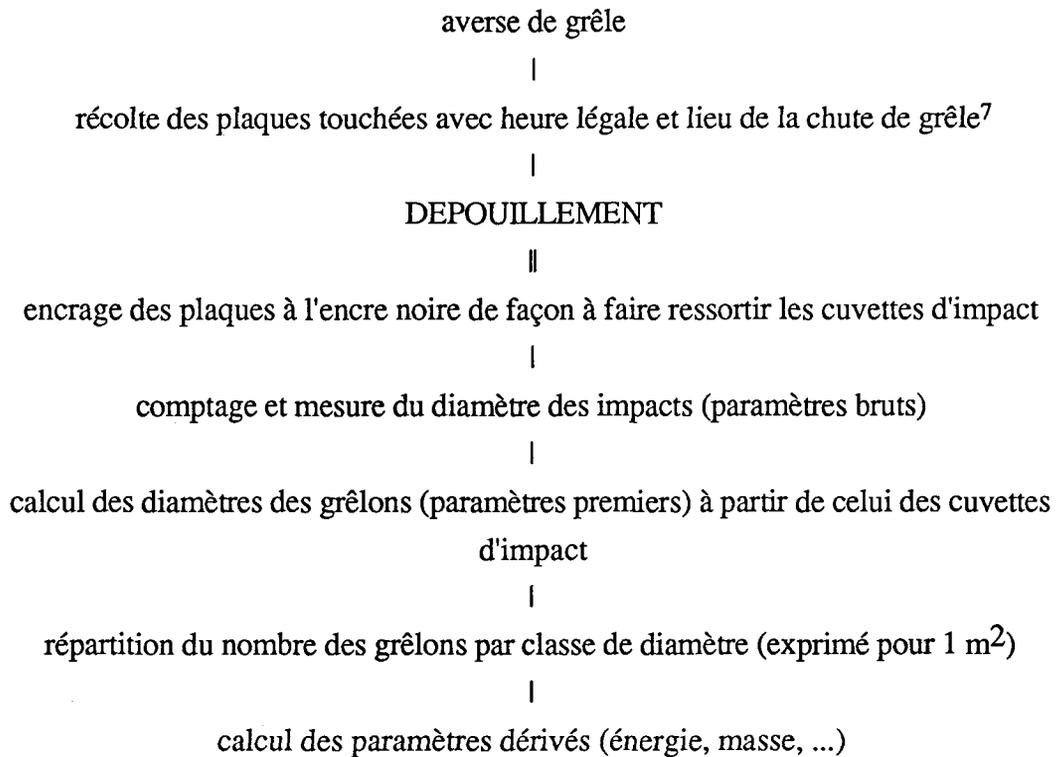
Les réseaux grêlimétriques ont bénéficié depuis 1987 à la fois d'une densification et d'une extension spatiale. La densité des grêlimètres (nombre de grêlimètres pour 100 km²) est très variable. Il serait fastidieux et inutile d'énumérer année par année la densité des réseaux par département. Le maillage irrégulier des réseaux ne permet d'ailleurs que d'approcher leur surface et donc leur densité d'appareils. A titre d'exemple, en 1996, l'ACMG s'étendait sur 9300 km² pour 475 grêlimètres soit une densité moyenne de 5 grêlimètres pour 100 km² mais avec de fortes disparités. Le coeur du réseau dans les vallées de la Garonne, du Tarn et du Lot, bénéficie d'une répartition homogène d'environ 11 grêlimètres pour 100 km². Sur les marges, les grêlimètres sont plus éparés. En ANELFA, le secteur le plus pourvu est le vignoble charentais soit 238 grêlimètres pour 3072 km² ; la densité y est de 7,7 appareils pour 100 km². Dans l'arrondissement de Roanne, la densité est de 3 grêlimètres pour 100 km² (38 appareils sur 1120 km² en 1996). Dans le Cher, on passe à un grêlimètre pour 100 km² (5179 km²/48 postes). Ces différentes densités sont un biais dans la perception de l'aléa. Le procédé de cartographie par carroyage est un des moyens de s'abstraire de cette contrainte. En revanche, les différences de maillages des réseaux grêlimétriques ont de fortes incidences sur la perception des averses de grêle. Plus le maillage est serré, plus l'averse peut être fidèlement cernée et cartographiée.

1.3- Maintenance des réseaux grêlimétriques et dépouillements des plaques.

1.3.1- Les étapes du dépouillement

La maintenance des réseaux grêlimétriques est lourde. Les bénévoles (agriculteurs, pompiers-forestiers dans les Landes...) assurent la collecte des plaques impactées, l'entretien des supports. Chaque année, les plaques de Roofmate, grêlées ou non, sont remplacées car une année d'exposition les détériore (ultraviolets, dégradation par des oiseaux...).

C'est surtout la lecture des plaques grêlées qui requiert une compétence particulière et de nombreuses heures de patience. Le dépouillement peut être résumé ainsi :



1.3.2- La difficile recherche de l'objectivité

L'étude des données statistiques de la grêlimétrie a pour but dans la mesure du possible de dégager l'étude spatiale du risque-agent des biais dus à la collecte et à l'interprétation des données. Il ne faut pas qu'un effet purement statistique masque une information dans la répartition géographique ou temporelle de la grêle. Ce but est évidemment utopique mais nous ferons en sorte qu'il n'existe pas de contrainte statistique majeure sauf la taille des échantillons elle-même qui est la seule contrainte incoercible. Les possibilités de biais sont nombreuses mais des précautions sont prises pour limiter les erreurs de lecture des plaques. La première est de faire dépouiller les plaques par le même technicien. La lecture en est quelquefois difficile. Il faut un oeil exercé pour distinguer les impacts. C'est le cas lorsque les plaques sont dites saturées lorsqu'elles

⁷ Accompagnée parfois d'indications supplémentaires comme les hauteurs de précipitations liquides, la présence de grésil...

ont reçu tellement de grêle que les impacts de grêlons se chevauchent voire s'emboîtent les uns dans les autres. La plaque est alors difficile à interpréter. Il en résulte une sous-estimation de l'énergie des fortes chutes. Cependant, cela ne concerne que des énergies souvent supérieures à 700 ou 800 J.m⁻². Pour l'appréciation du risque-agent (l'aléa en fonction de sa potentialité destructrice), la saturation ne présente pas d'inconvénient majeur puisqu'à partir de 500 J.m⁻², les cultures sont pratiquement détruites à 100 %. Les dépouillements grêlimétriques de l'ANELFA et de l'ACMG n'ont pas, pour l'instant, fait l'objet d'étude comparée. Mais lors de Grossversuch IV, une expérience de lecture comparée des plaques (Admirat et alii, 1979) avait montré que les différences de dépouillement sur le diamètre des grêlons allaient de 1% à 15 % selon les opérateurs, les écarts étant d'autant plus faibles que la chute de grêle est forte.

Le paramètre brut est le diamètre de l'impact laissé par le grêlon sur la plaque. Il faut des grêlons d'au moins 5 millimètres de diamètre pour que la plaque de polystyrène enregistre l'impact. La grêlimétrie ne prend donc pas en compte ce que l'Organisation Météorologique Mondiale désigne sous le terme de grésil. Ces impacts sont mesurés manuellement à l'aide d'un pied à coulisse. Les tentatives d'automatisation du dépouillement par scannérisation des plaques encrées ont jusque là échoué mais devraient prochainement aboutir. L'équation de transformation du diamètre d'impact en diamètre du grêlon est réactualisée chaque année en fonction de la qualité du lot de polystyrène. D'une année à l'autre, les différences sont faibles. Pour exemple, l'équation de calibration pour l'ANELFA était en 1996 :

$$Y = 0,93 X + 2,97$$

où Y= diamètre des grêlons en mm et X = diamètre des impacts en mm

Exemple : un impact de 10 mm de diamètre aura été creusé par un grêlon de 12,27 mm de diamètre.

Avec les données brutes que sont le nombre des impacts et leurs diamètres, plusieurs indicateurs d'intensité de la chute sont calculés (tableau 15) : la masse et l'énergie de la chute. Les équations sont différentes entre l'ACMG et l'ANELFA. Le coefficient multiplicateur pour le calcul de l'énergie est de 4,28 pour l'ACMG, 4,48 pour l'ANELFA. Ces chiffres sont eux-mêmes différents de ceux utilisés lors de Grossversuch IV par le GNEFA (4,58). La conséquence de l'utilisation d'équations différentes est la surévaluation des énergies des chutes ANELFA de 4,5 % par rapport à celles de l'ACMG. La surévaluation des masses ANELFA (ou la sous-évaluation des

masses ACMG) est de 1,3 %. Il n'est pas dans notre compétence de trancher sur la meilleure adéquation de telle ou telle équation. Ce pourcentage ne dépasse pas la marge d'erreur de dépouillement tolérable entre deux techniciens. En revanche, il serait souhaitable qu'en France les dépouillements grélimétriques se standardisent ce qui pourrait être fait à l'occasion de l'automatisation des dépouillements (scannérisation).

Tableau 15 - Conditions de dépouillement et calculs des indicateurs des chutes de grêle

	ACMG	ANELFA	observations
paramètres bruts			
Nombre d'impacts	dénombrement manuel	dénombrement manuel	projets de comptage automatique
diamètres des impacts ----> diamètres des grêlons	répartis par classe de 4 mm : classe 1 : 5 à 9 mm classe 2 : 9 à 11 mm classe 3 : 11 à 13 mm .../...	répartis par classe de 2 mm : classe 1 : 5 à 7 mm classe 2 : 7 à 9 mm... puis par classe de 4 mm à partir de : classe 7 : 17 à 21 mm...	
diamètre maximum	en 1/10 de mm	en mm	

les indicateurs calculés :

masse(en kg.m ⁻²)	$[\sum(n_i * d_i^3) * 4,7.10^{-7}]$	$[\sum(n_i * d_i^3) * 4,76.10^{-7}]$	pour Grossversuch IV $\sum(n_i * d_i^3) * 4,72.10^{-7}$
énergie (en J.m ⁻²)	$\sum(n_i * d_i^4) * 4,28.10^{-6}$	$\sum(n_i * d_i^4) * 4,48.10^{-6}$	pour Grossversuch IV $\sum(n_i * d_i^4) * 4,58.10^{-6}$

repérage :

temps	date et heure légale de début de chute (à partir de 1994)	date et heure légale de début de chute	
espace	longitude et latitude DMS	Commune (N° INSEE)	

N.B. : n_i = nombre de grêlons par classe
 d_i = diamètre de centre de classe en mm

Pour la masse, la densité de la glace est prise en compte dans la constante. Pour l'ANELFA, la densité de la glace retenue est de 0,91.

1.3.3- Les indicateurs les plus utilisés

- La masse de grêle au mètre carré :

La masse est déduite du produit du volume par la densité de la glace. Cette densité est d'ailleurs variable selon les études. Pour l'ANELFA, la densité prise en compte est de 0,91. Les masses de grêle recueillies lors des orages sont en moyenne de 1 à 2 kg.m⁻². La masse de grêle la plus forte recueillie fut de 8,3 kg.m⁻² le 14 septembre 1994 à Durfort dans le Tarn-et-Garonne (ACMG). Or 1 kg.m⁻² équivaut à 1 mm de pluie. On se rend compte que les chutes de grêle les plus fortes ont un équivalent-eau relativement faible. Les précipitations de grêle représentent en général l'équivalent de quelques millimètres de pluie. La masse serait certainement l'indicateur le plus pertinent dans le cas de l'étude des intensités-minute de la grêle et de leurs relations avec les précipitations liquides. En revanche, pour la mesure du risque-agent, nous utiliserons peu cet indicateur pour lui préférer l'énergie cinétique.

- La notion d'énergie :

* Un indicateur synthétique

L'énergie cinétique de la grêle est l'indicateur le plus communément employé pour apprécier l'intensité des chutes de grêle. Elle est exprimée en joules par mètre carré (tableau 15). Outre la facilité de calcul, l'intérêt de l'énergie est qu'elle intègre le nombre de grêlons au m², leur diamètre et leur vitesse de chute (proportionnelle à la racine carrée du diamètre). L'énergie est calculée pour chaque classe de diamètre (5 à 7 mm, 7 à 9 mm...) en multipliant le nombre de grêlons par le diamètre central de la classe à la puissance quatre. La somme des résultats par classe est multipliée par une constante pour obtenir l'énergie. C'est un indicateur synthétique. Souvent dans le langage commun, dans la presse par exemple, on compare les grêlons à des objets usuels pour figurer leur grosseur : petit pois, oeuf de pigeon, oeuf de poule, etc... Le tableau 16 donne l'équivalence de ces comparaisons usuelles en énergie cinétique et en masse de glace.

* Une bonne traduction des dégâts

Outre son aspect synthétique, le deuxième intérêt de l'énergie est qu'elle donne une bonne idée de la puissance destructrice de la grêle. Plusieurs travaux (Ginouvs J. et Jean Ch., 1980 ; Jean Ch. et *alii*, 1978 ; Tondut J.-L. et *alii*, 1983) ont montré que parmi tous

les indicateurs disponibles (diamètre, nombre de grêlons au m², masse,...), l'énergie est celui qui est le plus fortement corrélé aux dégâts de la grêle sur végétaux. Cependant, comme nous le verrons lors de l'étude des dégâts dus à la grêle, cette relation n'est pas systématique. Ginouvès J. et Jean Ch. (1980) signalent de fortes variations de dégâts

Tableau 16 - Caractéristiques moyennes des grêlons (d'après l'ANELFA)

diamètre (mm)	dimension équivalente	masse (g)	vitesse de chute (km.h ⁻¹)	Energie (joules)
15	grain de raisin	1,6	60 à 80	0,3
30	noix	13	85 à 105	3,6
50	oeuf de poule	59	110 à 125	28
70	boule de pétanque	163	130 à 140	107
100	pamplemousse	476	environ 160	470

pour une même énergie suivant le stade végétatif, le mode de culture ou le type de culture (les vergers sont beaucoup plus sensibles que les céréales)... Avant cela, afin de cerner concrètement cette notion d'énergie, on peut dire que sur les cultures les plus fragiles les dégâts apparaissent à partir de 10 J.m⁻², soit compte tenu des chiffres donnés dans le tableau 16, trente-trois grêlons gros comme des raisins sur un m² ; à 50 J.m⁻² toutes les cultures sont plus ou moins touchées; et au-delà de 200 à 300 J.m⁻², la perte de récolte est presque totale. Pour familiariser le lecteur à ces notions, nous présentons les données de quelques plaques grêlimétriques dépouillées par l'ANELFA et l'ACMG (tableau 17).

Les différents indicateurs ne sont pas strictement corrélés. Une masse comparable peut donner des énergies variant du simple au double (tableau 17). Ces différences s'exacerbent pour les fortes énergies. Si l'on compare le cas de la chute du 13 août 1990 à Port-Sainte-Marie (47) et celle de Lagrange (65), le 23 mai 1992, on constate que les masses de grêle recueillies sont à peu près semblables alors que les énergies varient du simple au double. C'est le diamètre exceptionnel des grêlons (61 mm de diamètre soit l'équivalent d'une petite orange pour le plus gros grêlon mesuré) lors de la chute de Port-Sainte-Marie qui explique les fortes énergies et ce malgré un nombre de grêlons très faible (570 grêlons au m²).

Tableau 17 - Les relations entre les indicateurs à partir de quelques exemples de chutes

date	commune (département)	énergie cinétique (J.m ⁻²)	masse de grêle en kg.m ⁻²	diamètre maximal de grêlons (en mm)	nombre de grêlons par m ²	source
22/05/94	POMAREZ (40)	10	0,125	12	568	ANELFA
2/07/95	FRANCESCAS (47)	50,5	0,515	13,2	1342	ACMG
12/09/94	DAMAZAN (47)	50,8	0,746	9,7	4213	ACMG
6/04/90	CASTELNAU- MAGNOAC (65)	100,2	1,497	11	9937	ANELFA
18/05/96	PUCH D'AGENAIS (47)	100,5	1,021	20,2	2860	ACMG
17/05/90	LALOUBERE (65)	249,4	1,976	25	3165	ANELFA
12/09/94	BOURLENS (46)	251,3	2,67	17	8514	ANELFA
10/08/96	DAUMAZAN- SUR-ARIZE (09)	497	1,831	39	1337	ANELFA
29/07/96	VILLEFRANCHE- DE-LAURAGAIS (31)	501,1	5,218	20	16845	ANELFA
23/05/92	LAGRANGE (65)	1005,1	5,803	32	6032	ANELFA
23/05/92	RICAUD (65)	1653,6	7,721	41	6253	ANELFA
13/08/90	PORT-SAINTE- MARIE (47)	2023,9	5,551	61	570	ACMG

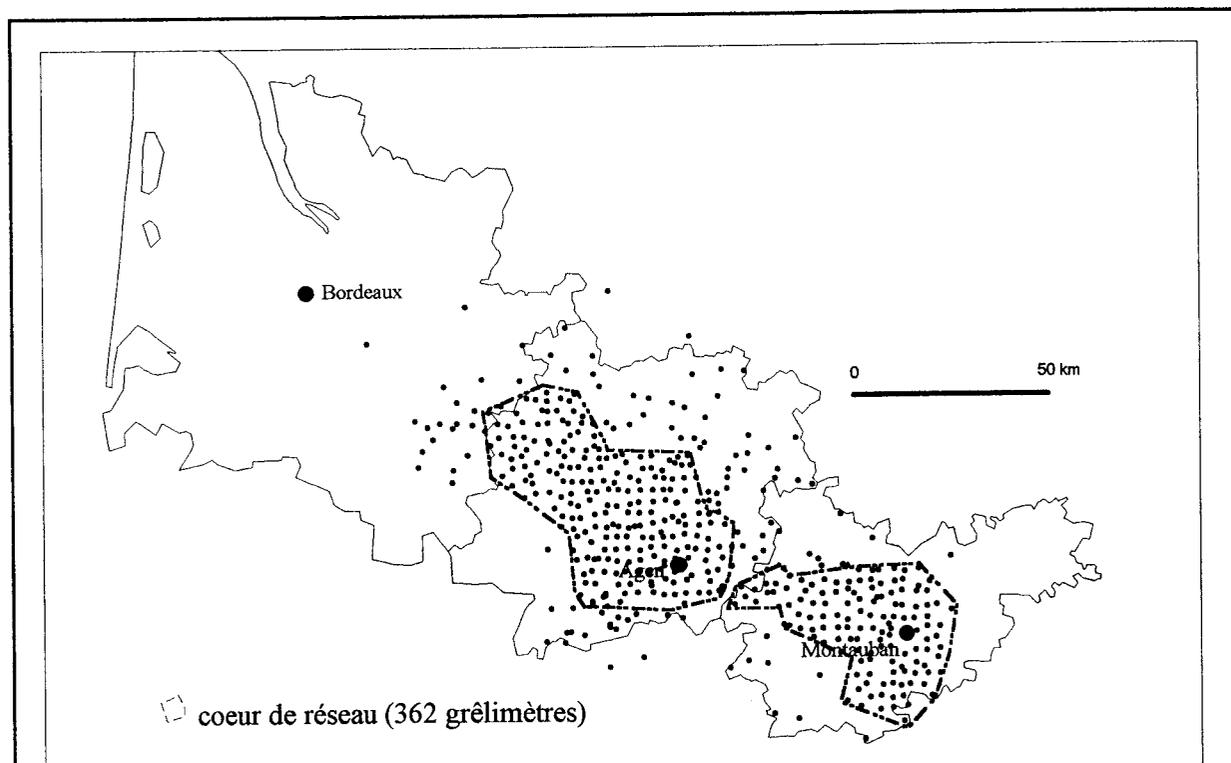
1.4- La comparaison des données ANELFA et ACMG

Afin de pouvoir comparer dans de bonnes conditions les données grêlimétriques fournies par les deux associations, nous avons dû prendre un certain nombre de précautions. Ces précautions concernent les réseaux (problème de densité) et les enregistrements de chutes (seuil inférieur de prise en compte).

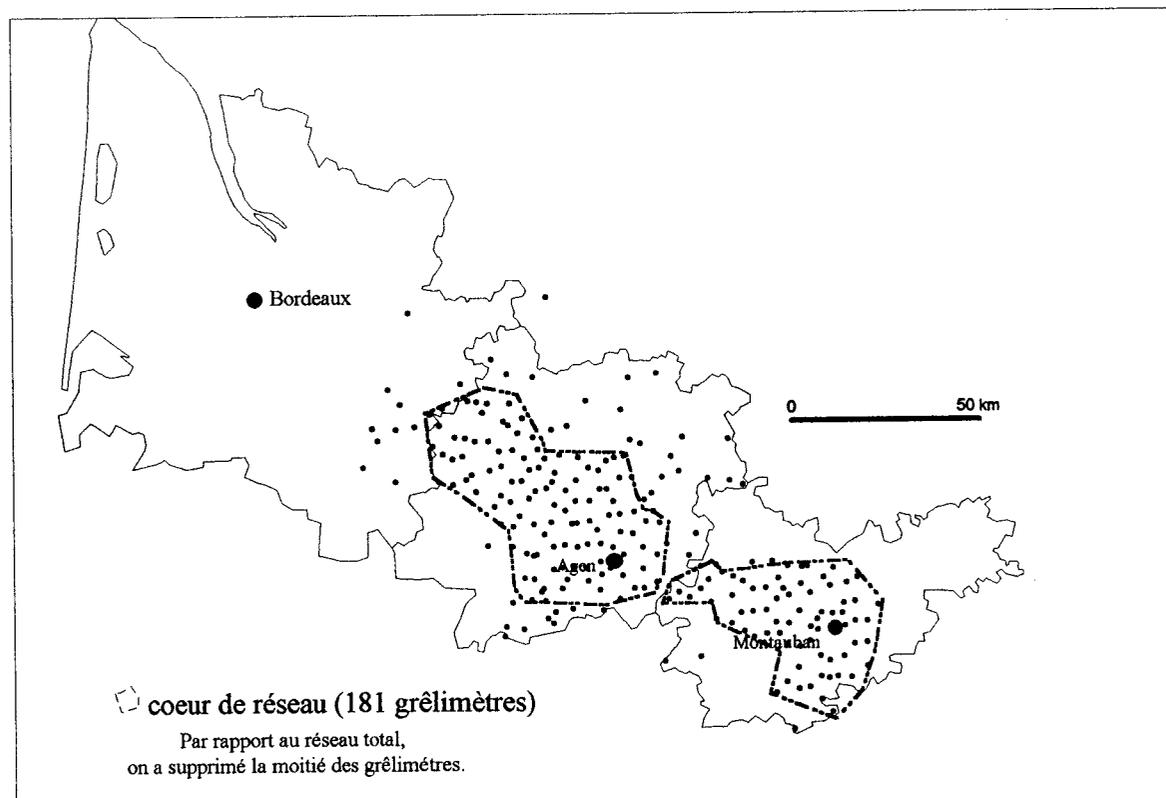
1.4.1- La densité de grêlimètres et la mesure de la fréquence moyenne ponctuelle de la grêle

L'inégale densité de grêlimètres entre les réseaux et à l'intérieur même de chaque réseau influence-t-elle la mesure de la fréquence des chutes de grêle ? Nous avons travaillé sur les premières données livrées par les réseaux grêlimétriques. Ces réseaux se sont densifiés et étendus progressivement dans le temps pour arriver à une relative stabilisation sur le plan des densités de grêlimètres en 1996/1997 (le réseau ANELFA s'est étendu dans le Vaucluse en 1997). Nous avons voulu vérifier le rôle de ces différences de densités des réseaux dans le temps et dans l'espace sur la mesure de la fréquence ponctuelle de la grêle. Pour un même nombre de grêlimètres et dans un même contexte climatologique, un réseau plus serré se traduit-il par une fréquence ponctuelle plus forte ? Nous avons testé cette hypothèse sur le réseau ACMG (tableau 18).

A partir du réseau de 1996, nous avons reconstitué un "demi-réseau", deux fois moins dense que le réseau 1996. Guidé par un carroyage fin, nous avons enlevé un grêlimètre sur deux de façon homogène sur tout le réseau (carte 12 a et b) puis sur le coeur du réseau. Les résultats (tableau 18) confirment que la fréquence ponctuelle ne varie que très faiblement avec le maillage du réseau de grêlimètres. Le nombre moyen annuel de chutes de grêle par grêlimètre est supérieur de 7 % dans le demi-réseau. Sur le coeur du réseau (vallée de la Garonne) où la disposition des grêlimètres est plus régulière et le réseau plus dense, on n'observe pas non plus de différence véritablement significative de la fréquence ponctuelle entre le réseau et le demi-réseau.



Carte 12a - Le réseau complet ACMG en 1996



Carte 12b - Le demi-réseau ACMG en 1996

Carte 12 - L'influence de la densité des réseaux grêlimétriques sur la fréquence de la grêle

Tableau 18 - Comparaison de la fréquence de la grêle en fonction de la densité du réseau

	réseau ACMG (coeur de réseau)	demi-réseau ACMG (demi coeur de réseau)
nombre de grêlimètres en 1996	475 (362)	238 (181)
nombre de total de chutes	718 (489)	377 (269)
nombre total d'années*grêlimètres	1784 (1188)	894 (605)
nombre moyen d'années par grêlimètre	3,75 (3,28)	3,76 (3,343)
nombre de chutes par grêlimètre	1,512 (1,35)	1,584 (1,486)
nombre moyen annuel de chute par grêlimètre	0,403 (0,412)	0,421 (0,444)

La fréquence ponctuelle moyenne de la grêle sur un espace donné n'est pas liée à la densité du réseau de grêlimètres dans ce même espace. Les fréquences ponctuelles que nous étudierons par la suite ne subissent pas d'effet de maille⁸. Le principal enseignement de ces données est la vanité d'une course à la densification des réseaux dans un objectif de connaissance climatologique de la grêle. Sur les espaces où les différences topographiques sont peu marqués, le temps nécessaire à la différenciation spatiale est proportionnel à la densité du réseau. Plus le réseau est dense, plus les grêlimètres mettront de temps à s'individualiser, plus il faudra de temps pour que chaque station prenne une valeur de fréquence ou d'énergie qui lui soit spécifique. En revanche, une densification de réseau peut se justifier pour le test des méthodes de prévention si l'approche n'est plus ponctuelle mais événementielle (averse). D'après les comptages faits sur le réseau Grossversuch IV par J.F. Mezeix (1983)⁹, l'augmentation de moitié de la maille du réseau (de 3,8 à 7,6 km²) diminue de 30 % le nombre d'averses détectées.

⁸ Le principal effet à déplorer est lié à l'indigence de certains échantillons, notamment pour l'étude de la fréquence dans certains départements. Dans le cas de réseaux départementaux peu étoffés et récents, une averse particulièrement forte peut surévaluer artificiellement la fréquence moyenne. Nous essaierons de nuancer nos résultats chaque fois qu'un tel effet est possible.

⁹ Voir aussi Husson D. et alii , 1984 p. 149.

1.4.2- Homogénéisation des échantillons

La comparaison des données grêlimétriques de l'ACMG et de l'ANELFA a nécessité l'exclusion de 118 chutes ACMG (sur 718 soit 17 %). En effet, l'ACMG dépouille systématiquement les plaques dès les plus faibles diamètres détectables alors que l'ANELFA ne prend en compte que les plaques touchées par un grêlon de diamètre supérieur à 8 mm (brochure ANELFA N°39, 1991, P.33). Pour l'étude des fréquences, on a exclu les chutes ACMG dont le diamètre maximal est inférieur à 8 mm. Ainsi, les calculs de fréquence sont à peu près comparables entre les deux réseaux même si cela entraîne sans doute une sous-estimation de la fréquence de la grêle d'environ 20 % par rapport à d'autres expériences (Languedoc 1972-1976, Lot-et-Garonne 1981-1983...) ce qui influence la distribution des énergies (en sous-évaluant les faibles énergies) et limite les comparaisons possibles.

Par ailleurs, la période d'étude reste mai-septembre comme pour les données météorologiques (chapitre 1) même si nous disposons d'enregistrements de chutes de grêle sur toute l'année (ANELFA). On remarque à ce sujet que des chutes de grêle d'hiver peuvent parfois atteindre des énergies respectables. Nous introduisons à l'occasion les données concernant les mois d'avril et octobre à titre de comparaison car, même si le risque-grêle ne se concentre pas sur ces mois, il existe des possibilités de dégâts sur les cultures précoces (vergers, colza) ou tardives (maïs, pommiers). Les échantillons finaux sont donc de 1785 chutes dont 600 en ACMG et 1185 en ANELFA (avril et octobre exclus).

Le résultat de cette présentation méthodologique est de dégager en grande partie l'étude de la fréquence et de l'énergie de la grêle des contraintes du dépouillement et des caractéristiques des réseaux. Seul n'a pas été normalisé le calcul de l'énergie, différent pour les deux associations mais la différence n'est que de quelques points de pourcentage.

Ces précautions étant prises, on peut donc supposer que les différences de fréquence de la grêle que nous nous proposons d'étudier ci-après expriment bien des différences dans la climatologie de la grêle.

La cartographie réalisée à l'aide du logiciel SIG-CAO Mapinfo a utilisé deux fichiers pour chacun des deux réseaux : un fichier "réseau" comportant les références spatio-temporelle des grêlimètres et un fichier "chute" comportant les caractéristiques (énergies...) des chutes de grêle. La cartographie est effectuée en croisant les données de ces fichiers.

2- La fréquence et l'intensité de la grêle d'été : distribution spectrale et répartition temporelle

La fréquence et l'intensité sont les deux paramètres majeurs de définition du risque-agent grêle.

La fréquence ponctuelle est définie par le nombre de chutes de grêle enregistré par année pendant la période "d'activité" d'un grêlimètre. Nous avons ramené cette période aux mois de mai à septembre pour toutes les données grêlimétriques comme pour l'Argus de la Presse ou Météo-France.

L'intensité est prise ici dans le sens de "degré d'énergie atteint par un phénomène" sans que nous reliions cette énergie à une unité de temps donnée comme ce peut être le cas lors des études sur la pluviométrie. Etant donné le peu de fiabilité des durées d'averses de grêle et de la brièveté de ces averses, il n'a pas été possible, faute d'appareil enregistreur (voir ci-dessus), d'étudier la durée des chutes de grêle ni la répartition des intensités de la grêle le temps d'une chute. C'est l'énergie (en $J.m^{-2}$) qui nous servira principalement de mesure de l'intensité des chutes de grêle mais nous utiliserons aussi le diamètre maximal mesuré sur chaque plaque.

2.1- Les chutes de grêle faibles sont majoritaires

La distribution de la plupart des paramètres des chutes de grêle (nombre de grêlons, diamètres maximaux, masse, énergie...) est de type lognormale (Husson et *alii*, 1984, p.24). Les distributions de l'énergie (figure 7 et tableau 19) et des diamètres maximaux (figure 8 et tableau 20) confirment cette loi. L'ajustement à une loi exponentielle est significative. Cette distribution signifie que les chutes faibles sont nombreuses alors que les chutes à forte énergie (ou grands diamètres de grêlons) sont rares. La chute médiane a une énergie d'environ $25 J.m^{-2}$ et ce pour les deux séries (ACMG et ANELFA) après avoir exclu les chutes de diamètre maximal inférieur à 8 mm comme nous l'avons indiqué plus haut. Ce type de distribution statistique des effectifs se retrouve pour la plupart des autres paramètres climatologiques comme les totaux pluviométriques journaliers, les vitesses maximales de vent... Plus le phénomène est massif, violent ou intense, plus il est rare. Les diamètres maximaux des chutes de grêle sont plus sensibles aux conditions de dépouillement en particulier pour les petites chutes. Toutefois le diamètre maximal médian

est d'environ 13 mm pour les deux réseaux. Une chute sur dix comporte des grêlons de 22 mm de diamètre.

Tableau 19 - La répartition du nombre de chutes en fonction de l'énergie

	premier décile en J.m ⁻²	premier quartile (J.m ⁻²)	médiane (J.m ⁻²)	3ème quartile (J.m ⁻²)	9ème décile (J.m ⁻²)	Maximum (J.m ⁻²)
ACMG	3,6	7,8	24,9	83,75	241	2023
ANELFA	4,5	10,78	27,8	78	188	

Tableau 20 - La répartition du nombre de chutes en fonction du diamètre maximal

	premier décile (Ø en mm)	premier quartile (Ø en mm)	médiane (Ø en mm)	3ème quartile (Ø en mm)	9ème décile (Ø en mm)	Maximum (Ø en mm)
ACMG	8,9	9,9	12,4	17	22	61
ANELFA	10	11	13	17	22	44

nombre de chutes (ou plaques) ACMG : 600 ; nombre de chutes (ou plaques) ANELFA : 1185

Les énergies minimales étant de quelques décijoules par mètre carré et le maximum de plus de 2000 joules, le rapport entre les plus faibles énergies et les plus fortes est de 1 à 20 000 (les plus faibles chutes tendant vers 0, ce rapport est théoriquement infini). 50 % des chutes ont une énergie inférieure à 25 J.m⁻² et les trois-quarts une énergie inférieure à 80 J.m⁻². Les chutes de faible énergie sont plus nombreuses en ANELFA qu'en ACMG, le basculement se fait vers 40 J.m⁻², seuil au-delà duquel les chutes ACMG sont proportionnellement plus nombreuses. La surreprésentation des fortes énergies est manifeste en ACMG (figure 7) puisque 10 % des chutes ont une énergie supérieure à 241 J.m⁻², ce dernier décile étant de 188 J.m⁻² en ANELFA. Cette différence ne vient pas du calcul de l'énergie, au contraire la formule de calcul de l'énergie de l'ANELFA surestime les énergies de 4,5 % par rapport à ceux de l'ACMG (voir ci-dessus tableau 15). Elle peut s'expliquer par un effet de la prévention ou plus sûrement par la répartition

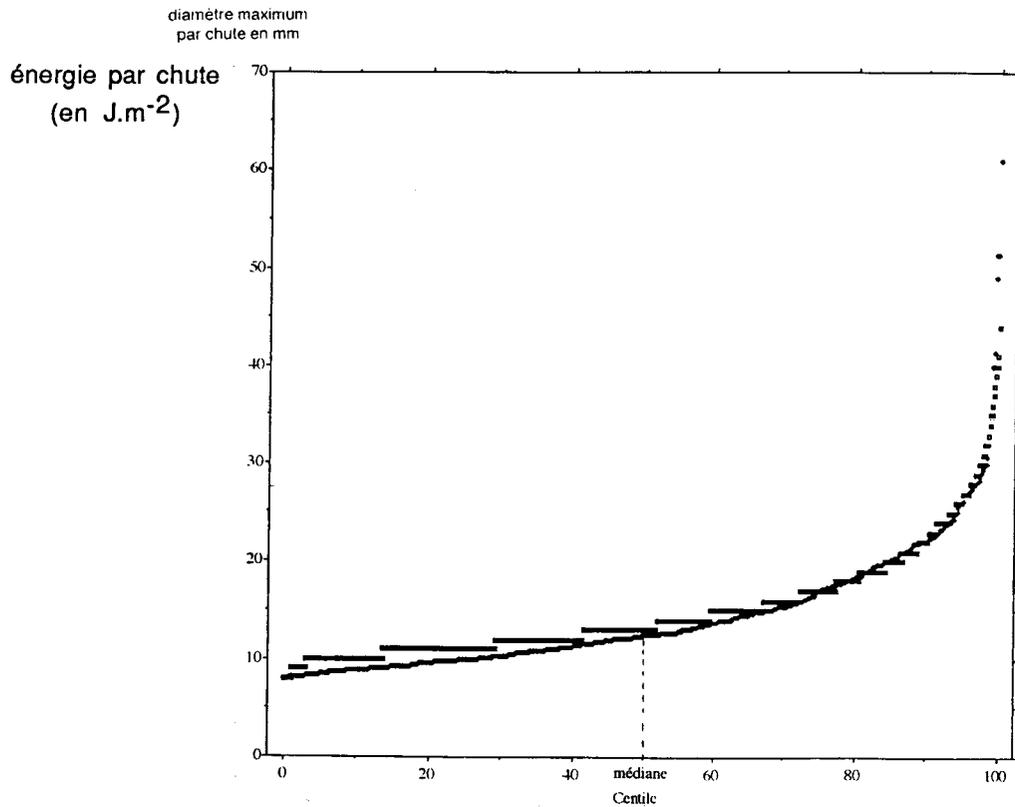


Fig. 7 - Distribution fréquentielle des énergies ponctuelles
(échantillon global : ACMG : 600 chutes, ANELFA : 1185 chutes)

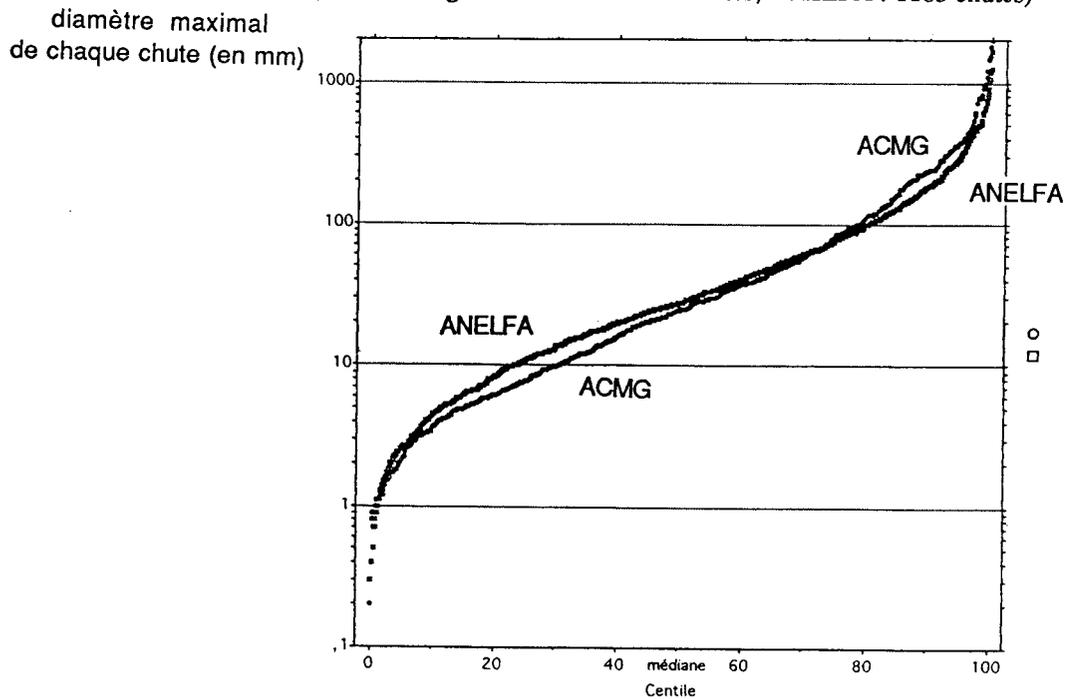


Fig. 8 - Distribution fréquentielle des diamètres maximaux
(échantillon global : ACMG : 600 chutes, ANELFA : 1185 chutes)

(période 1987-1996 diamètre maximal supérieur à 8 mm)

géographique des réseaux. Le réseau ACMG est concentré sur la Moyenne-Garonne, région réputée grêlifère, alors que pour l'ANELFA, les régions aux chutes plus faibles (Charentes, Cher...) pondèrent les fortes chutes des départements du Sud-Ouest intérieur.

Le spectre des chutes de grêle (répartition du nombre de grêlons par classes de diamètre) est quant à lui plus lié aux conditions atmosphériques et n'obéit pas à une répartition géographique particulière. Il doit être mis en relation avec l'altitude de l'isotherme 0°C et la teneur de l'atmosphère en noyaux glaçogènes. Une étude plus approfondie de ces spectres serait intéressante notamment en relation avec l'heure ou le mois de chute et les conditions météorologiques lors de la chute. Pour notre étude, le recours à ces paramètres ($\log N_0$ et λ de la droite d'ajustement de la distribution du nombre de grêlons par classe de diamètre (Dessens J. et Fraile R., 1994) ne nous est pas apparu nécessaire car ils n'obéissent pas à une répartition spatiale évidente.

2.2- La répartition temporelle

2.2.1- Une répartition horaire fortement guidée par la thermoconvection journalière

2.2.1.1- Fiabilité des heures, faillibilité des durées

Les heures n'étant disponibles en ACMG que depuis 1994¹⁰, nous avons travaillé sur l'échantillon ANELFA (1987-1996) en prenant l'heure de chute mentionnée sur les plaques. Cette information est approximative mais peut être considérée comme fiable à quelques minutes près. Les chutes de grêle sont des événements souvent marquants surtout pour les personnes chargées de relever les plaques. Parfois l'heure est arrondie au quart d'heure. En revanche, nous n'avons pas travaillé sur les durées. Elles paraissent peu fiables. Il semble surtout difficile d'estimer la durée exacte de la chute de grêle sans qu'un observateur muni d'un chronomètre ne soit posté près du grêlimètre à l'heure de la chute. Les mesures faites à partir de grêlimètres enregistreurs (Admirat P., Waldvogel A., 1979) ont montré la brièveté des chutes de grêle (pas plus de quelques minutes le plus souvent). En l'absence de ces précautions (observateur direct ou enregistreur), il est difficile de distinguer la durée de la chute de grêle de celle de l'orage et ce d'autant plus que la chute de grêle peut ne pas être unique. Lors d'un même orage, plusieurs chutes de grêle peuvent toucher un même endroit, chutes de grêle elles-mêmes "noyées" dans

¹⁰ Le réseau étant particulièrement dense et le nombre d'années faible, il y avait un risque de surreprésentation de certaines heures par le biais de grosses averses de grêle comme celle du 13 septembre 1994 qui a touché plus de 40 grêlimètres vers 22 h 30 dans le Tarn-et-Garonne.

grêle peuvent toucher un même endroit, chutes de grêle elles-mêmes "noyées" dans d'abondantes précipitations pluvieuses, les chutes de grêle sèches (sans pluie) étant assez rares. Peut-être cette étude des durées sera-t-elle possible dans l'avenir grâce à une sélection des enregistrements grêlimétriques ou une vigilance accrue.

2.2.1.2- Le pic de l'après-midi

La répartition horaire des chutes de grêle ne révèle *a priori* peu de choses qui soient inconnues. On retrouve les rythmes journaliers des phénomènes associés aux orages (Gravier J. et Roussel I., 1997). Le pic de l'après-midi (figure 9) est nettement marqué tant pour les fréquences que pour les énergies : 54 % des chutes totalisant 60 % de l'énergie mesurée se concentrent dans l'intervalle 15h-19 hTU. Ces quatre heures regroupent plus de la moitié des risques de grêle. Plus largement, 77 % des chutes et 84 % de l'énergie interviennent entre 13 heures et 20 heures TU. La comparaison des fréquences et de l'énergie confirme la plus grande intensité des chutes de grêle de l'après-midi : l'énergie moyenne par chute dépasse 100 J.m⁻² dans les tranches horaires 13h-14hTU et 18h-19hTU. Les plus fortes énergies mesurées (plus de 1000 J.m⁻²) restent dans la tranche 12h-19 hTU (figure 10).

2.2.1.3- Les chutes vespérales et nocturnes

Cette prédominance des chutes de fin d'après-midi n'exclut pas de violentes chutes dans les autres tranches horaires surtout en début de nuit. On compte encore des chutes de 400 J.m⁻² entre 23 h et 0 hTU. Ces dernières années, deux averses de grêle des plus dévastatrices ont eu lieu aux alentours de minuit comme celle du 14 septembre 1994 qui s'est déclenchée dans les Landes et le Gers puis a traversé le Tarn-et-Garonne en y laissant des grêlons de 5 cm de diamètre (énergie maximale de près de 800 J.m⁻²) vers 22 hTU.

Les chutes nocturnes et matinales sont les plus rares, l'heure la plus creuse étant la septième (6-7 hTU) ce qui illustre à nouveau en négatif le rôle de la thermoconvection dans le déclenchement des chutes de grêle. Aucune chute de plus de 200 J.m⁻² entre 0 heure et 10 heures TU.



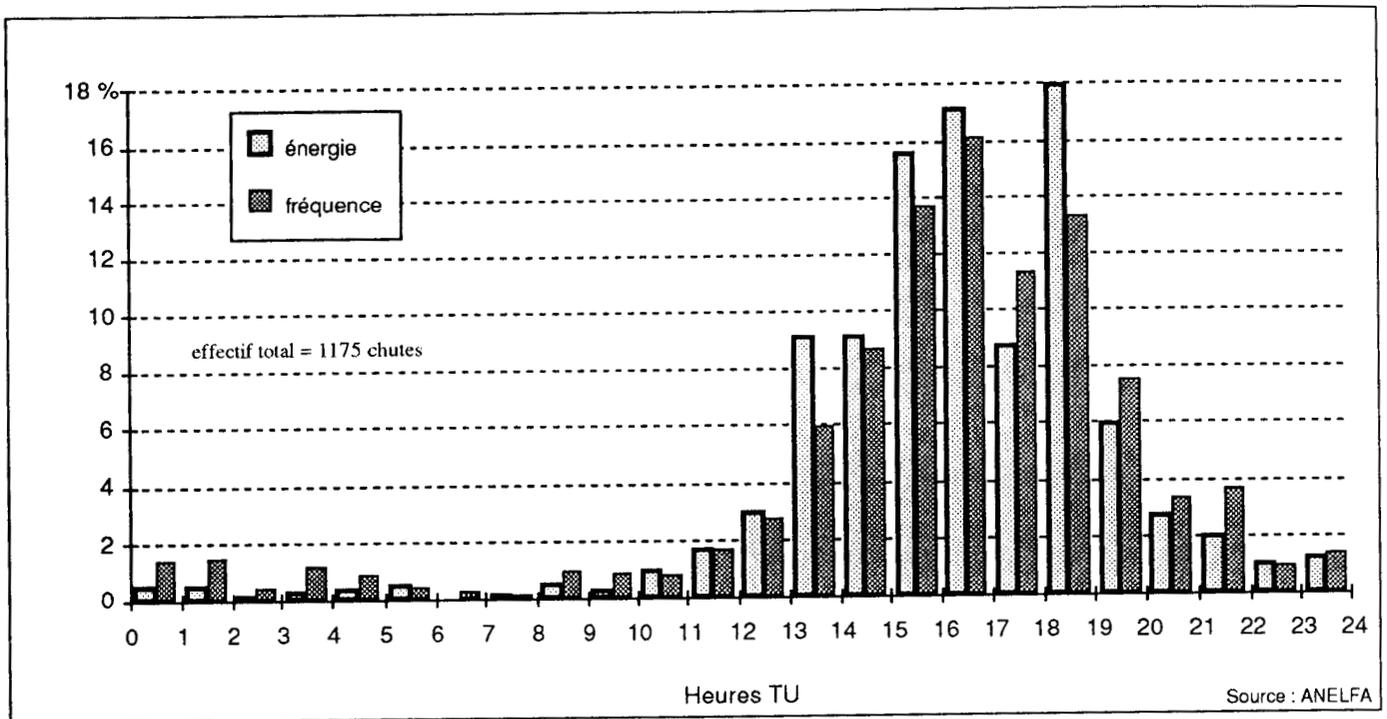


Fig. 9 - répartition horaire des chutes de grêle et des énergies

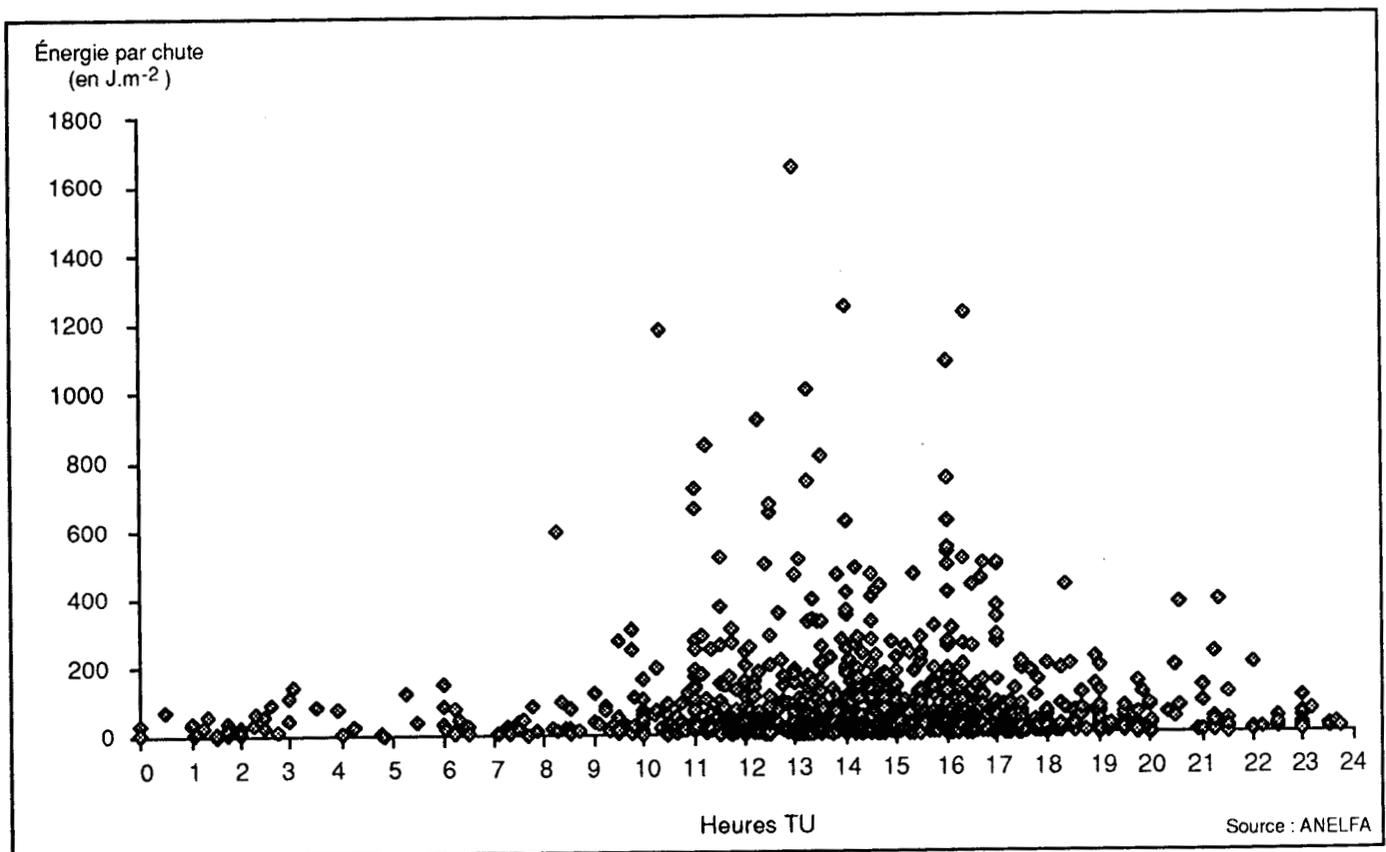


Fig. 10 - Répartition horaire des énergies ponctuelles (1175 chutes entre mai et septembre, période 1987-1996)

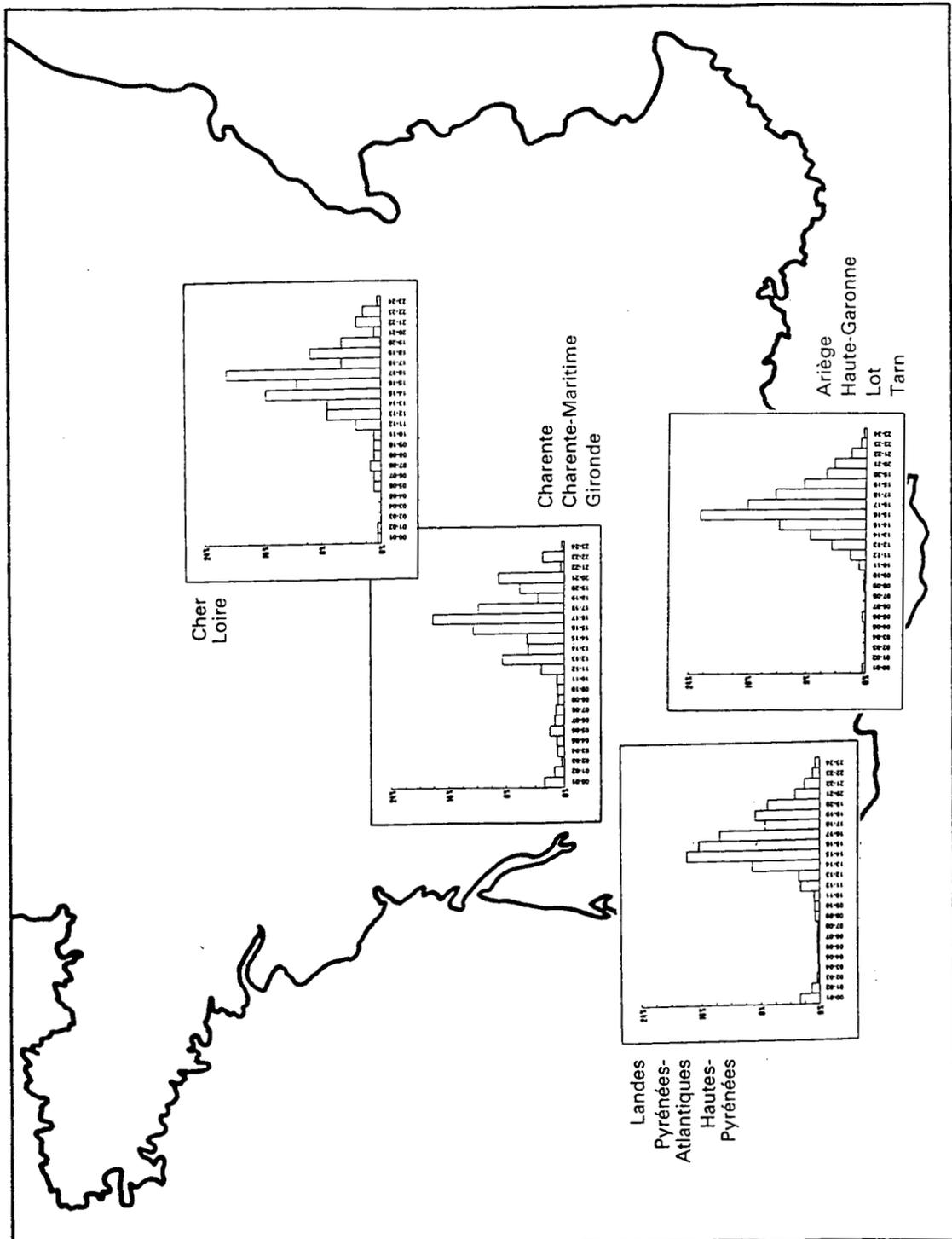
2.2.1.4- La répartition géographique des fréquences horaires

La répartition régionale des heures de chutes de grêle n'apporte que quelques nuances à ce schéma général. J. Dessens a montré que les chutes nocturnes sont plus fréquentes dans les départements atlantiques (carte 13). Les chutes nocturnes et matinales sont relativement nombreuses en Charentes et dans le département de la Gironde, un peu moins dans les Landes et les Pyrénées-Occidentales et quasi absentes dans les départements intérieurs (Haute-Garonne, Ariège, Tarn). Le phénomène est amplifié dans l'arrondissement de Roanne : sur 42 chutes, on n'en dénombre que 4 (8,3 %) entre 23 hTU et 12 hTU. Les raisons qui font de la proximité de l'océan un facteur favorable à ces chutes de grêle nocturnes restent encore mystérieuses. La faiblesse du risque de grêle nocturne ne justifie pas une étude spécifique de ces chutes dans le cadre de notre étude. Mais il serait intéressant de se pencher sur ces chutes nocturnes et les orages nocturnes en général. Quel est le rôle de la chaleur latente ? Le stockage de la chaleur (dans l'océan proche, dans la masse d'air immobile en basse couche, dans les forêts...) de la journée précédente est-il déterminant....? Les chutes nocturnes sont-elles exclusivement frontales ? ... Ces nombreuses questions demanderaient des développements trop longs pour être insérés ici¹¹. Une étude des caractéristiques et des conditions de formation de ces chutes nocturnes se justifierait par les problèmes qu'elles posent pour la prévention, les interventions de nuit étant plus difficiles, voire impossibles dans le cas de l'ensemencement des nuages par avion, comme les pratiquait l'ACMG lors du test de la méthode Mather (annexe 4).

2.2.1.5- Évolution saisonnière des fréquences horaires

L'évolution de la distribution horaire au cours de la saison suggère des réponses partielles aux questions posées mais suscite d'autres interrogations. La figure 11 met en relation le numéro du jour dans l'année (1^{er} janvier = 1, 2 janvier = 2...1^{er} avril = 91...etc...) avec l'heure de la chute. On voit que les chutes de grêle nocturnes ont lieu presque exclusivement entre la mi-mai et la mi-août dont la plupart entre la mi-juillet et la mi-août c'est-à-dire au coeur de l'été, quand les températures sont les plus élevées. Même suscitées par le passage d'un front, les chutes de grêle nocturnes sont un tant soit peu liées à la chaleur. Les chutes de grêle nocturnes, du moins celles détectées par les grêlimètres (au moins 8 mm), sont à mettre dans le prolongement des chutes de l'après-

¹¹ Cette étude serait facilitée par les radiosondages de 0hTU à Bordeaux.



Carte 13 - Répartition régionale des distributions horaires des chutes de grêle
(tiré de la brochure annuelle de l'ANELFA, n° 44, 1996, p. 31)

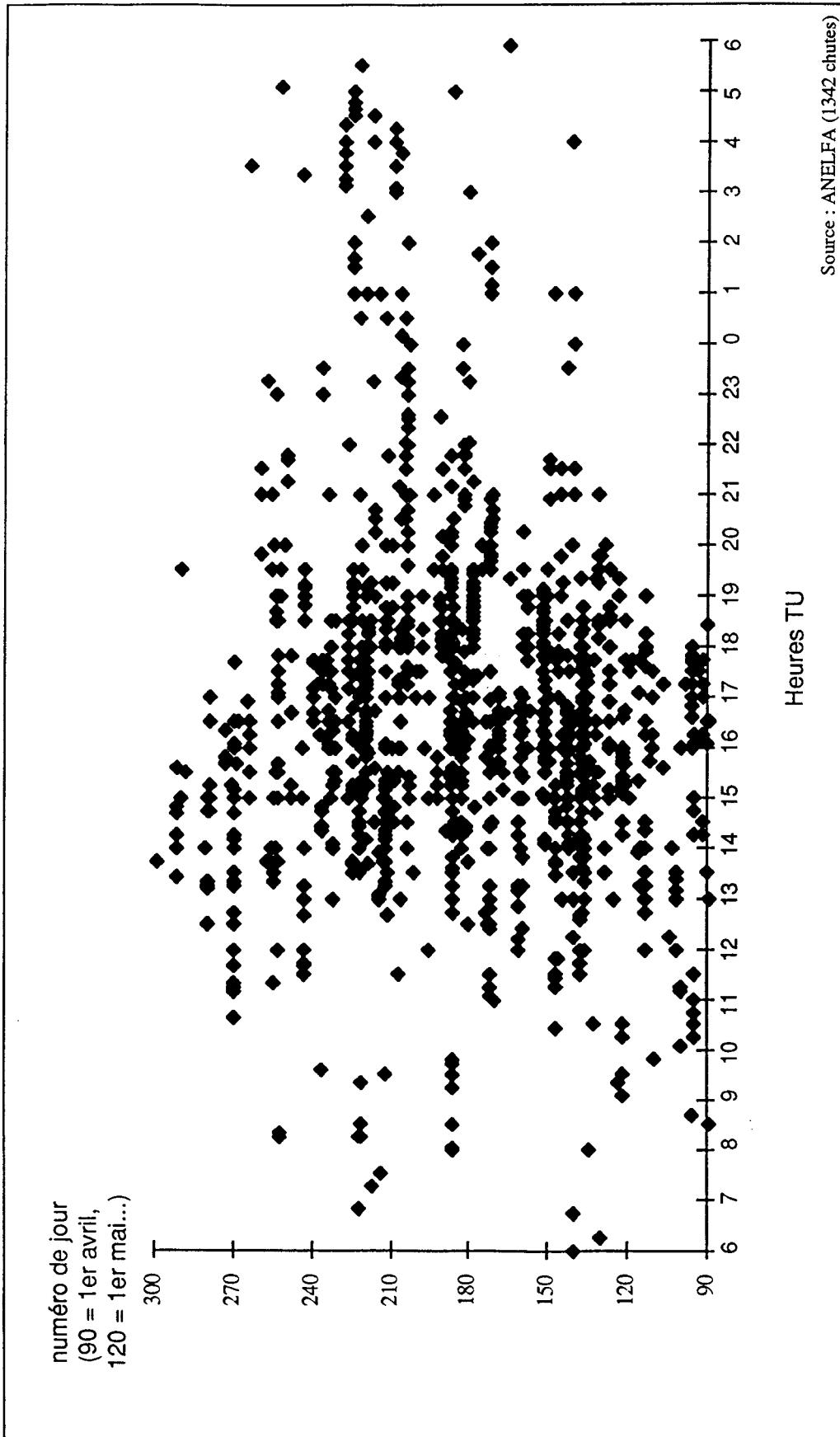


Fig. 11 - évolution saisonnière des heures de chutes de grêle

midi. Le mois d'avril, bien qu'en marge du risque-grêle puisque les cultures sont peu (1987 et 1996 !) entre 19 heures TU et 8 heures 30. Cela signifie que la chaleur accumulée dans la journée ne prolonge pas ses effets dans la nuit. Les chutes de grêle dues à des traînes ou des fronts froids secondaires lors d'advections d'air polaire au printemps ne causent pas de grêle nocturne suffisamment forte pour être détectée. Il n'est pas de grêle nocturne qui ne doit être considérée, au moins en partie comme le prolongement (dans quelles conditions ?) du pic thermoconvectif de l'après-midi.

Le pic de l'après-midi est observable en toute saison mais il se décale vers la fin d'après-midi au coeur de l'été. En début et en fin de saison , les chutes se concentrent sur le début d'après-midi. Le centre de gravité des chutes (barycentre du nuage de point de la figure 11) est aux alentours de 14h-15hTU en avril et en octobre. Ce centre de gravité se déplace vers la fin d'après-midi, au plus tard vers 16 h-17 hTU en juillet et août. Pendant ces deux mois, curieusement, les chutes se déclenchent plus tard (rarement avant 12 hTU) alors qu'on pouvait supposer la thermoconvection efficace plus tôt lors des journées estivales.

2.2.2- La répartition saisonnière des énergies et des fréquences

La répartition mensuelle de l'énergie est irrégulière (tableau 21). La montée en puissance est rapide au mois de mai. Les énergies marquent une pause en juin puis remontent en été pour atteindre le maximum annuel en juillet (échantillon ANELFA) ou août (ACMG). Le mois de mai est un mois particulièrement grêlifère. Il est en deuxième position dans les deux réseaux et totalise 24 % des énergies annuelles. La baisse de la fréquence et des énergies en juin est constaté dans les deux réseaux (9 à 15 % de l'énergie annuelle). Elle l'était également dans les données Météo-France (chapitre 1) : à la station d'Agen, les chutes, fréquentes en mai, s'atténuent en juin pour à nouveau augmenter en juillet et août. Le découpage décadaire communément employé en climatologie est trop fin et ne permet pas de lisser les résultats. Pour l'instant, vu le caractère récent des données grêlimétriques, on ne doit s'en tenir qu'à la répartition mensuelle qui, elle-même, pose des questions quant à la signification de la baisse des chutes au mois de juin. S'agit-il d'un fait établi et inscrit dans le climat, auquel cas il faut en rechercher les explications ou bien s'agit-il d'un effet statistique, quelques orages particulièrement forts en juillet ou mai pouvant faire évoluer le pourcentage d'un mois de 5 à 10 points ? Ce minimum secondaire de juin est-il à mettre en relation avec un changement de circulation entre mai et juillet, entre un mois de mai aux descentes polaires nombreuses (orages frontaux) et l'été où prédominent les flux de sud-ouest ?

Tableau 21 - Répartition mensuelle des énergies et du nombre de chutes de la grêle (en %)

	avril (en % de l'énergie annuelle)	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre
énergie ANELFA (normalisé ACMG *)	5,7	23,5	14,3	26,4	16,7	10,8	2,6
		25,6	15,6	28,8	18,2	11,7	
énergie ACMG		24,3	8,7	19,3	25,6	22,1	

chutes ANELFA (normalisés ACMG *)	7,3	23,5	15,7	23,8	19,4	8,2	2,2
		26	17,3	26,2	21,4	9	
chutes ACMG		31,5	12,8	23,8	18,5	13,4	

* les chiffres entre parenthèses sont les pourcentages ANELFA calculés sur la période mai-septembre

La répartition mensuelle du nombre de chutes suit le schéma décrit pour les énergies (tableau 21).

En revanche, la répartition mensuelle des chutes en fonction de l'énergie révèle quelques surprises. Les faibles énergies ponctuelles (moins de 10 J.m⁻²) sont plus nombreuses en été. Leur part est maximale en juillet/août où elles totalisent 25% à 30 % des chutes (figure 12). Cette part est plus faible en début et en fin de saison où elles sont remplacées par des chutes moyennes. Il est difficile d'expliquer cette répartition qui semble un peu paradoxale. On peut invoquer un effet de la prévention, plus active l'été qui amplifierait la proportion de petits grêlons. Il se peut aussi que ce soit l'effet de la non prise en compte des chutes avec diamètre maximal inférieur à 8 mm. Globalement, la part des chutes de moins de 100 J.m⁻² est de 80 % de façon assez constante sur la saison sauf en septembre où le pourcentage diminue au profit des chutes moyennes.

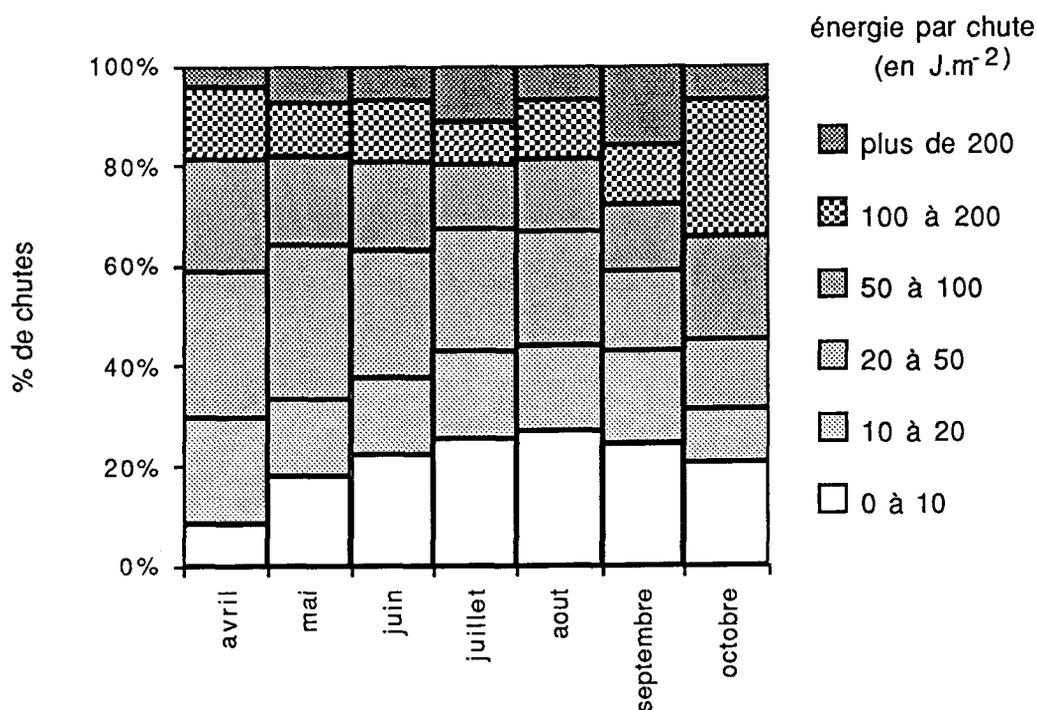
2.2.3- La répartition géographique des distributions saisonnières

La distribution saisonnière se fait différemment suivant les régions (carte 14). Sur la **côte atlantique** (Landes, Gironde, Charentes) la distribution mensuelle est assez chaotique avec cependant un pic d'été. Plus vers l'**intérieur** (Cher, Lot-et-Garonne), le mois de mai se renforce et rivalise voire dépasse dans le Cher les mois d'été. Le profil du

Tarn-et-Garonne est à prendre avec prudence, le mois de septembre est gonflé par l'averse de grêle particulièrement puissante du 13 septembre 1994.

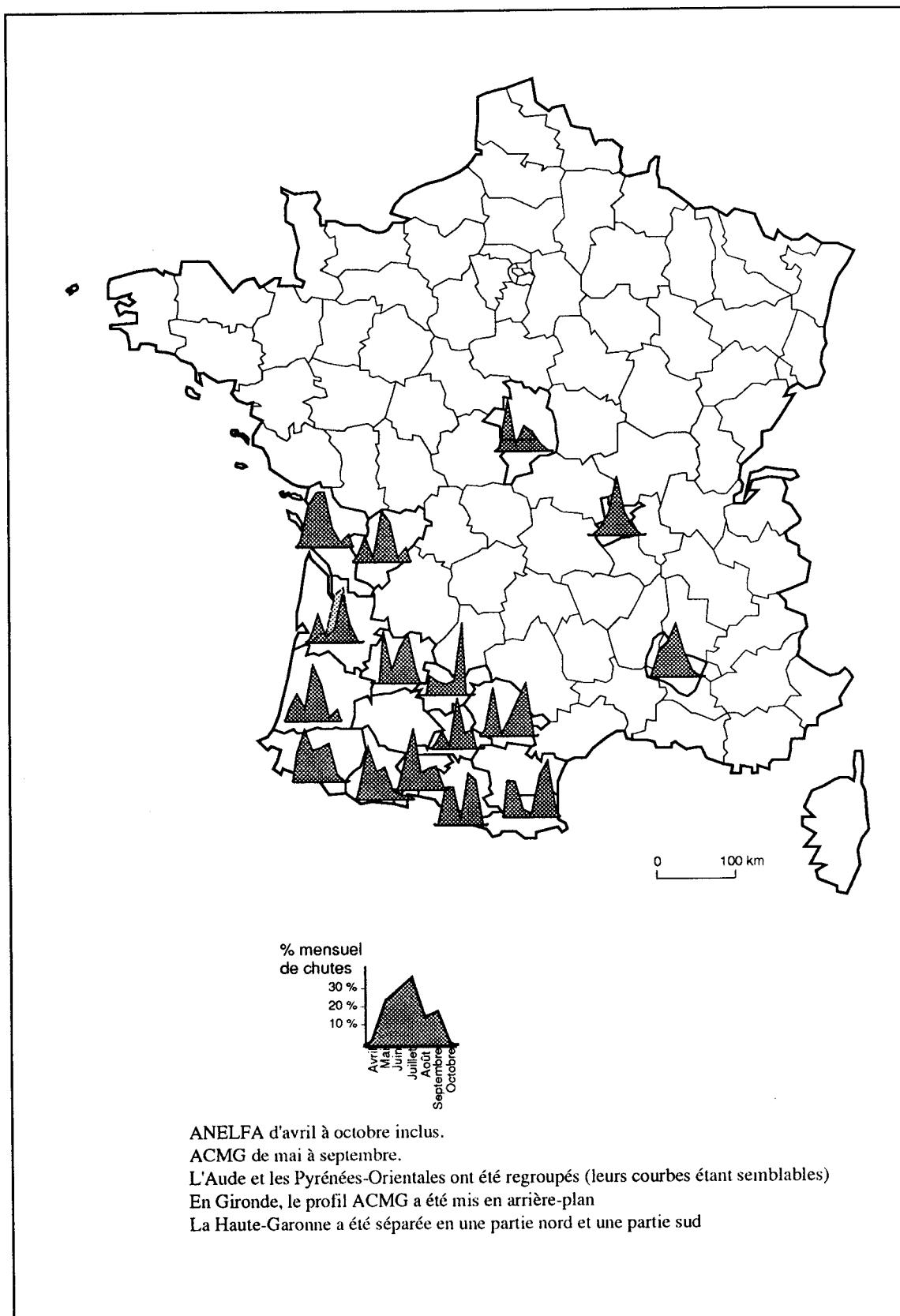
Fig. 12 - Répartition mensuelle des chutes de grêle en fonction de l'énergie

(tous départements ANELFA confondus)



Source : ANELFA

En dehors de ces départements, trois types se dégagent nettement. **Le piémont pyrénéen** est particulièrement touché par la grêle en début de saison. Le mois de mai arrive en tête dans les Pyrénées-Atlantiques, les Hautes-Pyrénées et le sud de la Haute-Garonne que nous avons séparé du nord du département où juillet domine. Cette spécificité du piémont pyrénéen est difficile à interpréter sans référence aux conditions synoptiques. **Le Tarn, l'Ariège et l'ensemble Aude et Pyrénées-Orientales** constituent un ensemble assez homogène caractérisé par un pic de début de saison, une



Carte 14 - Répartition mensuelle de l'énergie des chutes de grêle par département

rémission estivale (sécheresse d'été méditerranéenne ?) et une reprise des énergies en fin de saison (août, septembre). Dans **la Loire et le Bas-Rhône**, la courbe des énergies suit la courbe des températures : juillet est le mois le plus grêlifère. La courbe s'organise symétriquement autour de ce mois.

Ces différences régionales s'expliquent par la situation géographique des départements face aux flux orageux porteurs de grêle. Nous aurons à approfondir cet aspect avec l'étude des conditions météorologiques déterminant les chutes de grêle (chapitre 3).

2.2.4- La distribution saisonnière des autres paramètres

Le nombre de grêlons par m² ne présente pas de variation saisonnière spécifique. Il en est de même pour les diamètres maximums des grêlons. Les gros diamètres sont certes rares en début et fin de saison, mais on a mesuré un grêlon de 25 mm de diamètre le 23 avril 1993 et un de 32 mm le 6 octobre 1993. Ces diamètres relevés la même année à des dates extrêmes sont d'ailleurs révélateurs du caractère particulièrement grêlifère de cette année-là. Le 2 mai 1988 a fourni des grêlons de 36 mm de diamètre et les 35 mm ne sont pas rares en septembre. Nombre de grêlons et diamètres maximums sont spécifiques à chaque orage et peu sensibles aux variations saisonnières. Leur intérêt relève plus de la physique atmosphérique que de la climatologie géographique. Ces deux paramètres dépendent de la teneur du nuage en noyaux glaçogènes. Ils sont précieux pour mesurer les effets de la prévention .

Le risque de grêle se concentre donc sur l'après midi, ce qui ne constitue pas une révélation extraordinaire. Il suit en cela le rythme nyctéméral des phénomènes liés aux orages. En revanche, la répartition mensuelle comporte deux pics : un premier au mois de mai et un autre estival (juillet-août). Ces deux pics affectent surtout le Sud-Ouest. Les cultures du Sud-Ouest sont donc particulièrement exposées à la grêle. Le mois de mai est en effet crucial pour les cultures fruitières : c'est la période de la nouaison c'est-à-dire la formation du fruit. Les départements du Couloir rhodanien sont relativement épargnés par les chutes printanières, leur courbe saisonnière est centrée sur les mois d'été.

Les variations interannuelles n'ont pas été abordées ici. La durée trop courte des séries grêlimétriques et les variations de densité des réseaux n'autorisent pas une telle étude. Cet aspect sera intégré dans une comparaison avec les dommages économiques de la grêle.

3- La répartition spatiale de la grêle d'été

3.1- Indicateurs et échelles d'analyse spatiale des chutes de grêle

3.1.1- Les indicateurs retenus

Afin d'étudier la répartition spatiale de la grêle, nous avons retenu trois indicateurs:

* la fréquence ponctuelle moyenne annuelle : c'est le nombre moyen de chute de grêle en un endroit donné (un grêlimètre) entre mai et septembre.

* l'énergie moyenne par chute : elle rend compte de l'intensité moyenne des chutes de grêle.

* l'énergie moyenne annuelle : c'est le produit des deux indicateurs précédents. Il correspond à la grêle moyenne reçue par mètre carré chaque année.

Le recours à d'autres indicateurs (diamètre, masse...) s'est avéré soit inapte à révéler les structures spatiales des chutes de grêle, soit redondant avec les indicateurs mentionnés ci-dessus. Ces indicateurs peuvent être fortement corrélés à l'énergie, c'est le cas de la masse : la carte de la masse ressemble approximativement à celle des énergies. La répartition spatiale du diamètre maximal, quant à elle, est très hétérogène et ne présente pas de structures spatiales claires. Les forts diamètres se retrouvent sur le littoral des Landes aussi bien que dans la Loire. En fait, la géographie des diamètres maximaux est liée à la durée d'implantation des grêlimètres. C'est visible dans les Charentes (équipées depuis 1989), où malgré des fréquences et des énergies moyennes faibles, les diamètres élevés ne sont pas inconnus (> 30 mm). Aucune région n'est à l'abri de grêlons à forts diamètres mais ce type de chutes se produit plus ou moins fréquemment. C'est la fréquence des occurrences de grand diamètre qui pourra différencier les régions mais les séries sont pour l'instant trop récentes et l'on doit s'en tenir à des paramètres généraux qui lissent les résultats. Une étude des temps de retour pour tels ou tels diamètres (25 ou 30 mm par exemple) sera envisageable dans le futur avec l'allongement des séries.

3.1.2- Les échelles d'analyse spatiale

* Les données ponctuelles sont la représentation fidèle des résultats. Elles font apparaître toute la variabilité du phénomène. Pour l'analyse ponctuelle, on ne retient que les grêlimètres installés depuis au moins trois ans. Cette restriction évite de prendre en compte des grêlimètres installés depuis un an et qui auraient reçu deux ou trois chutes de

**Tableau 22 - Echelles d'analyse et indicateurs grêlimétriques :
récapitulatif méthodologique**

échelle d'analyse	ponctuelle	département	carroyage
fichier employé	*fichier ANELFA et ACMG des chutes $\varnothing_{\max} \geq 8$ mm	*fichier ANELFA et ACMG des chutes $\varnothing_{\max} \geq 8$ mm	*fichier ANELFA et ACMG des chutes $\varnothing_{\max} \geq 8$ mm (Aude et Pyr. Orient. exclues)
seuils de significativité retenu	grêlimètre installé depuis au moins trois ans		au moins 10 années*grêlimètres par carreau
unité spatiale	grêlimètre (ACMG) ou commune (ANELFA). Les données des communes portant plusieurs grêlimètres ont été pondérées.	Département sauf Loire (arrondissement de Roanne), Drôme. Aude et Pyrénées Orientales ont été regroupées.	carré de 12, 20 ou 35 km de côté. Le carré de 400 km ² est la maille la plus pertinente.
intérêt	expression réelle de la fréquence et de l'intensité de la grêle en un point donné.	lissage de la variabilité ponctuelle	lissage de la variabilité. Possibilité de faire varier la taille de la maille
objectif	effets locaux. variations régionales et nationales des chutes de grêle	variations inter-régionales et nationales de la grêle	effets locaux variation locale et régionale
limites de la méthode	forte variabilité, Lisibilité difficile Nombre d'années insuffisant	échantillons de taille variable d'un dép. à l'autre	

grêle en une seule année. Il serait abusif de décréter que la grêle a une fréquence annuelle de deux ou trois sur ce grêlimètre. La fréquence ponctuelle (pour un grêlimètre) de la grêle va de zéro à 1,33 chute par an.

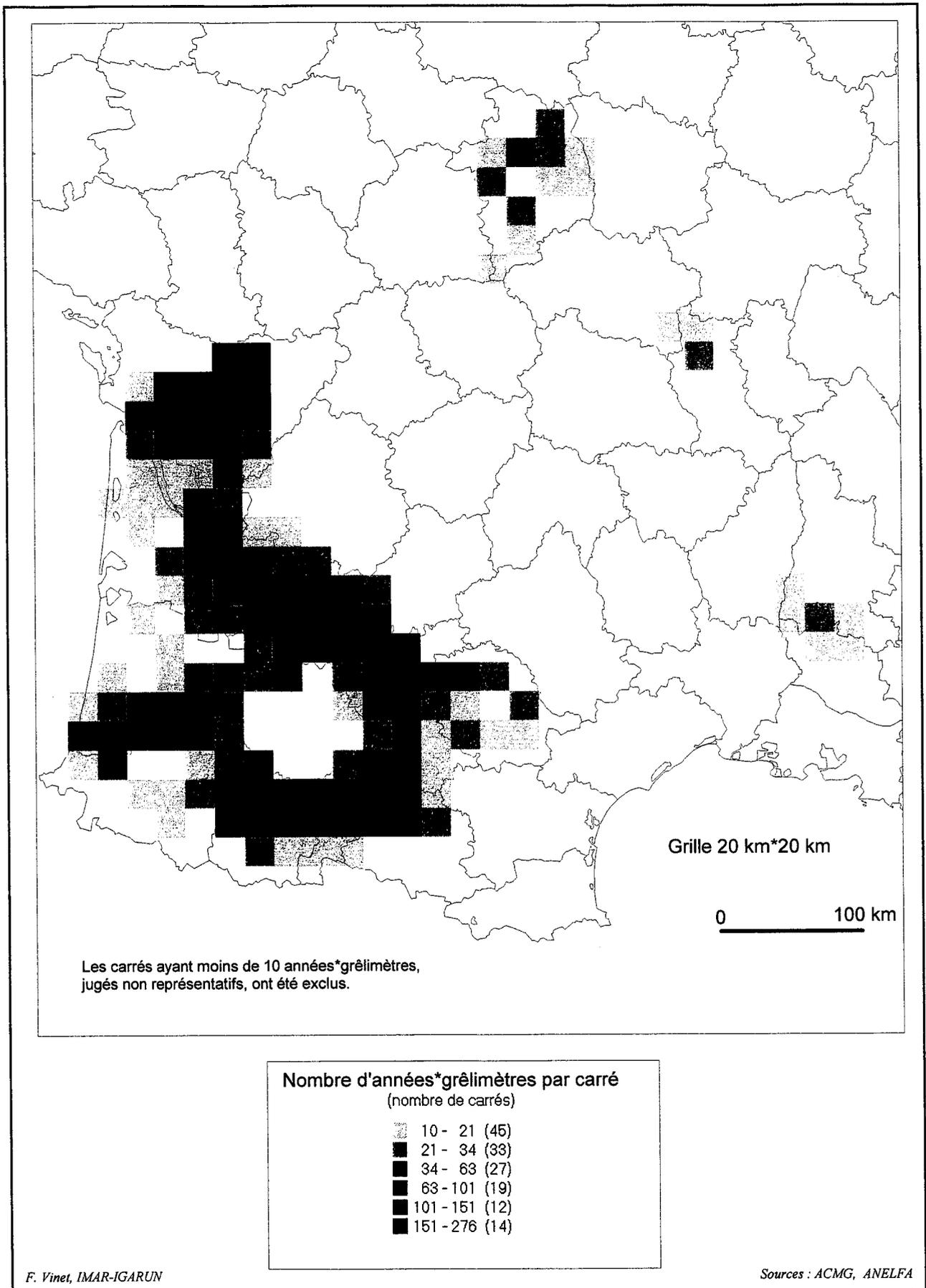
* Le département : la présentation des résultats dans le cadre du découpage départemental est peu courante en géo-climatologie. Le climatologue essaie souvent de dépasser les frontières même si cela n'est pas toujours facile eu égard aux problèmes de mesure et d'acquisition des données. Pourtant cette approche administrative est doublement avantageuse dans le cas des études grêlimétriques. Elle permet :

- de disposer d'un échantillon assez grand,
- de comparer ces données aux aspects socio-économiques (aides, résultats de l'assurance qui se font dans des cadres administratifs).

De plus, à l'exception de la Gironde où les deux associations sont représentées, les départements constituent les unités de base des réseaux grêlimétriques (unité de financement, les ADELFA¹² étant en partie financées par les conseils généraux, et de fonctionnement).

* Pour dépasser ces deux échelles d'analyse commodes mais incomplètement satisfaisantes, nous avons intégré les mesures grêlimétriques dans un Système d'Information Géographique (SIG). La connaissance d'une variable climatologique se heurte à sa variabilité spatio-temporelle. Comme le souligne Feyt G. et *alii* (1995, p.361), "la fourniture *decouches d'information* climatiques passe donc nécessairement par l'élaboration de méthodes de spatialisation intégrant les contraintes et les incertitudes liées à cette variabilité". Nous avons choisi de lisser cette variabilité de la fréquence et de l'intensité de la grêle par la méthode du carroyage. L'unité d'analyse spatiale est alors une maille de 12, 20 ou 35 km de côté, ou respectivement 144, 400 et 1225 km² (la maille est agrandie environ d'un facteur trois à chaque fois). Les données de tous les grêlimètres situés dans le carré sont moyennées. On a donc inclus les grêlimètres installés depuis moins de trois ans (qui ont été exclus de l'analyse ponctuelle). Le carroyage est un bon moyen de gérer la variabilité spatio-temporelle des réseaux. L'unité n'est plus le grêlimètre mais l'année*grêlimètre. Le nombre d'années*grêlimètres est le produit du nombre de grêlimètres par le nombre d'années d'installation de chaque grêlimètre. Si un carré contient deux grêlimètres installés pendant 4 ans et un grêlimètre installé pendant deux ans, il aura un total de 10 années*grêlimètres. Etant donné l'irrégularité spatio-temporelle des réseaux, les carrés n'ont pas tous la même représentativité (carte 15). L'exemple donné est celui de la maille 20km*20km. Plus le nombre d'années*grêlimètres est élevé, plus les valeurs d'énergie ou de fréquence sont lissés donc représentatives de l'espace couvert par la maille (400 km²). La représentativité est maximale au coeur des réseaux en particulier dans la vallée de la Garonne et le piémont pyrénéen. Plus que la densité du réseau, c'est sa durée d'installation, sa pérennisation qui fiabilise les données. L'intérêt d'une densification est discutable dans les départements bien pourvus. L'effort d'équipement en grêlimètres doit porter sur les espaces peu équipés (Gers en particulier).

¹² ADELFA : Association Départementale d'Étude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques. Les 13 ADELFA (1996) sont regroupées au sein de l'ANELFA.



Carte 15 - La représentativité des carreaux dans l'analyse par carroyage

L'intérêt du carroyage étant le lissage de la variabilité inter-grêlimètres, les carrés comptant moins de 10 années*grêlimètres ont été exclus de l'analyse thématique. Ils sont signalés sur les cartes par un figuré particulier.

La maille de 12 km est la plus petite que nous ayons testée. Mais le nombre de grêlimètres par maille (compte tenu de la densité des réseaux) est souvent insuffisant et nous rapproche de la variabilité spatiale observée dans les données ponctuelles. Au-delà de 35 km de côté, on se rapproche de l'échelle départementale. Les différences locales s'estompent ; on passe à l'analyse régionale ou nationale. C'est le carroyage 20 km*20 km qui s'est avéré le plus pertinent et c'est celui que nous emploierons le plus volontiers, c'est la dimension de maille la mieux adaptée aux données. Cette maille est modifiable et pourra être réduite dans le futur avec l'allongement des séries grêlimétriques.

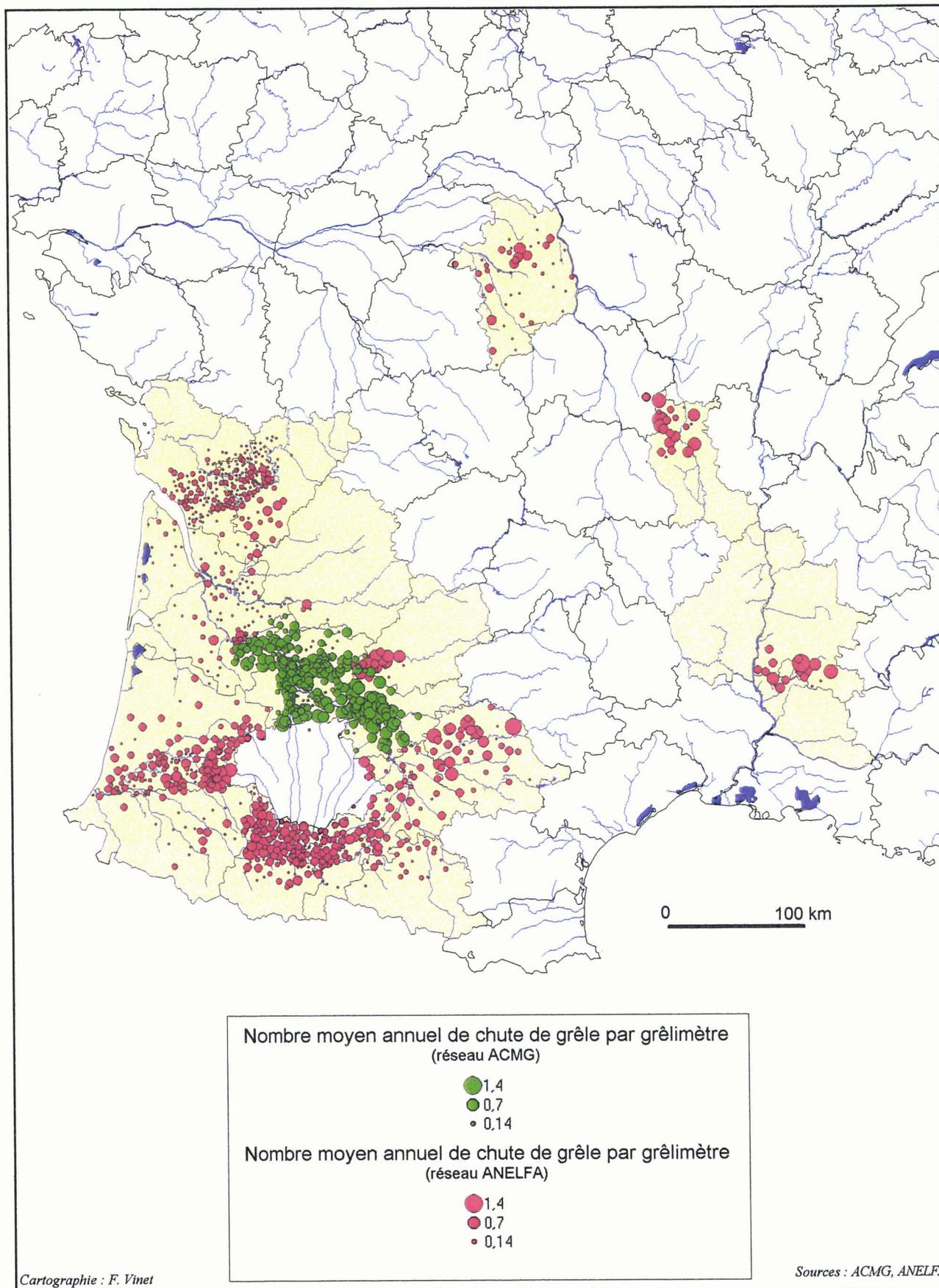
3.2- La géographie de la fréquence de la grêle

La fréquence ponctuelle de la grêle va de 0 à 1,33 chute par an en ne tenant compte que des grêlimètres installés depuis au moins trois ans (carte 16). Pour les fréquences spatialisées (cartes 17 et 18), les chiffres donnent la fréquence moyenne par grêlimètre et par an dans un espace donné (maille 20 km * 20 km ou département).

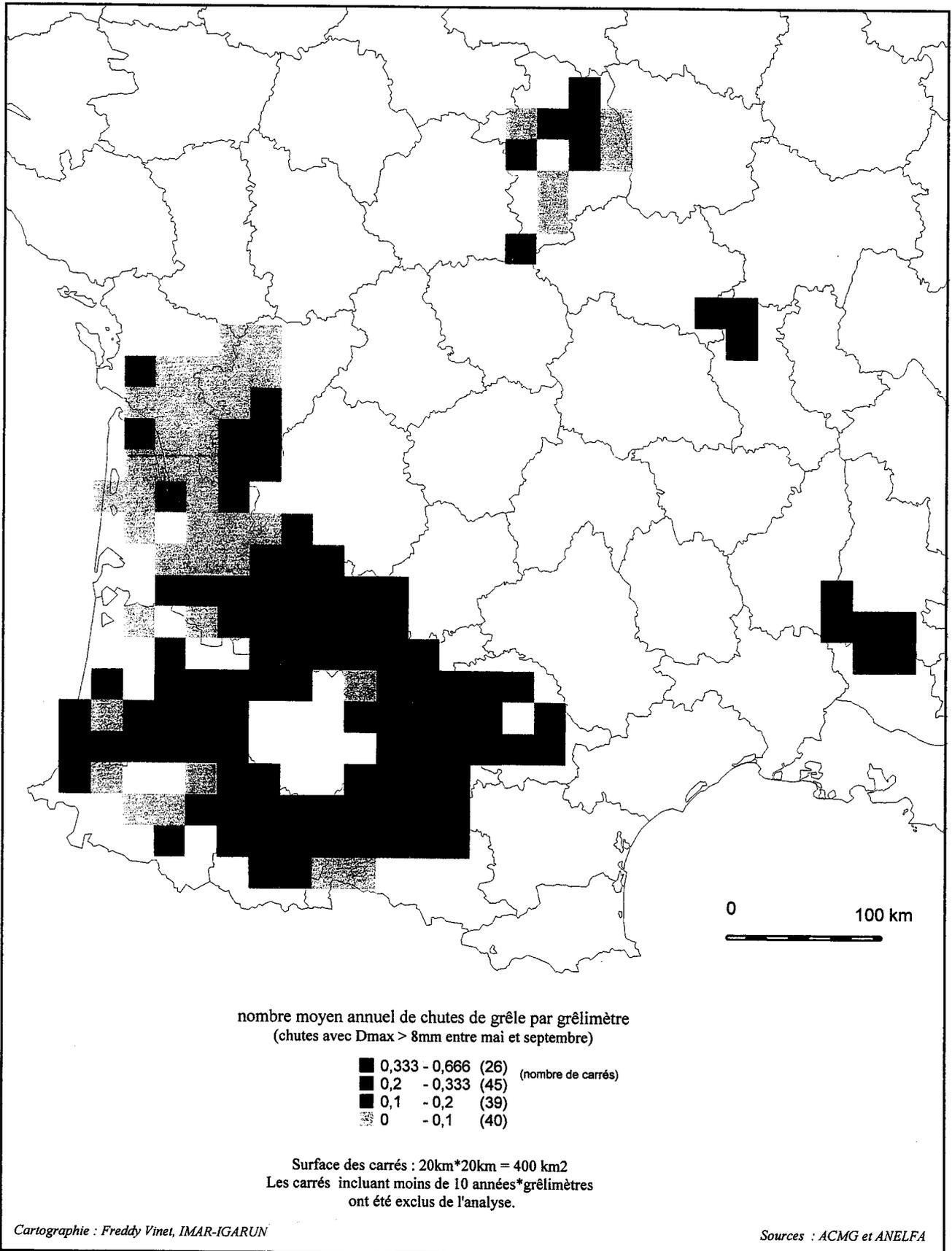
3.2.1- Les fortes fréquences

Elles semblent s'organiser en diagonale partant du sud des Landes et s'élargissant vers le Tarn au Sud et le Lot au nord. La fréquence ponctuelle est élevée également dans la Loire. Les fréquences les plus fortes semblent centrées sur l'est du Lot-et-Garonne, le Lot, le Tarn-et-Garonne et l'ouest du Tarn. Sur cet axe, elles sont supérieures à 0,33 (carte 16), soit une chute de grêlons d'au moins huit millimètres tous les trois ans. A l'échelle du département (carte 18), les fréquences maximales sont de 0,38 soit 2 chutes en moyenne en cinq ans dans un endroit donné.

Les grêlimètres qui reçoivent plus de 0,5 chute par an sont situés dans le Sud-Ouest au sud de Bordeaux. On en trouve de nombreux dans la Loire (8 grêlimètres sur 22 installés depuis au moins trois ans), 10 dans le Tarn (sur 42 grêlimètres) et 5 dans la Drôme (où les données sont encore récentes et les résultats à prendre avec prudence). Aucune fréquence ponctuelle moyenne annuelle n'atteint 0,5 dans les Charentes et une seule dans le Cher.



Carte 16 - La fréquence ponctuelle de la grêle



Carte 17 - La fréquence moyenne ponctuelle des chutes de grêle

3.2.2- Les régions moyennement grêlifères

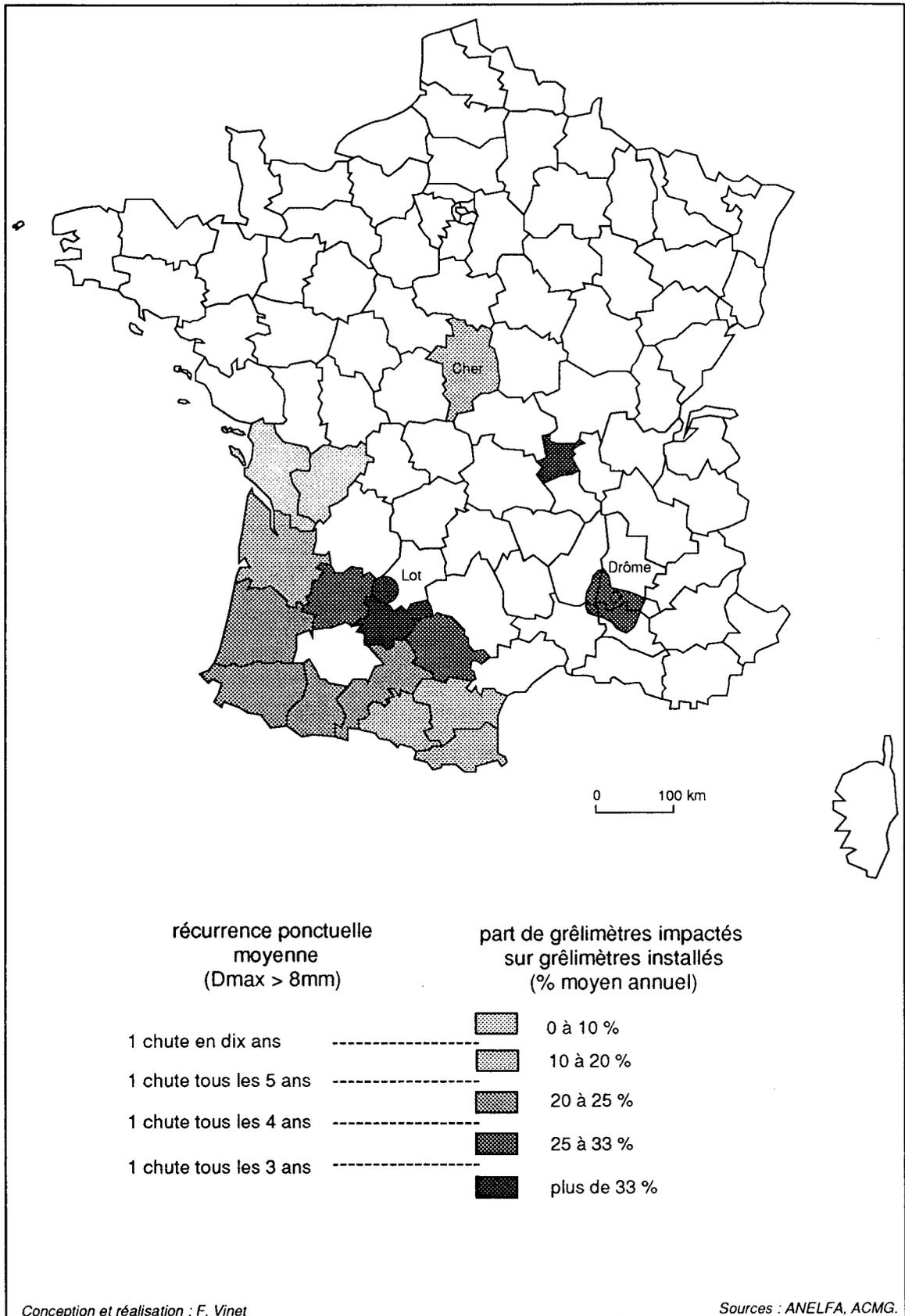
A partir de la "diagonale grêlifère", les fréquences diminuent vers l'ouest (le littoral), vers le nord et vers le sud-est (Ariège). Les fréquences restent globalement supérieures à 0,2 de façon homogène dans les Hautes-Pyrénées et la Haute-Garonne. Dans les Pyrénées-Atlantiques (où les mesures sont encore récentes et le réseau de grêlimètres encore assez lâche), les Landes et le sud de la Gironde les fréquences annuelles comprises entre 0,2 et 0,33 (entre une chute tous les cinq ans et une chute tous les trois ans) dominant. Dans la Drôme, les quelques carrés significatifs indiquent des fréquences du même ordre.

3.2.3- Les faibles fréquences de la grêle

Sur les marges nord-ouest et sud-est des zones les plus grêlifères, les fréquences s'abaissent à moins de 0,2 chute par an. C'est le cas dans le nord de la Gironde, les Charentes et d'un autre côté en Ariège et dans les deux départements méditerranéens de l'Aude et des Pyrénées-Orientales. Le Cher, bien que plus septentrional, subit globalement plus de grêle que les Charentes. Dans le premier département, la fréquence moyenne ponctuelle des chutes de grêle est de 0,13 (soit une chute avec grêlons de plus de 8 mm tous les 8 ans) ; dans les Charentes, elle ne dépasse pas 0,05 à 0,06 (une chute tous les 18 ou 20 ans). Il faut y voir une confirmation de la continentalité déjà évoquée lors de l'analyse des occurrences Météo-France (chapitre 1). Comme nous l'avons déjà signalé, les enregistrements grêlimétriques sont encore trop récents en Champagne. En deux ans (1995 et 1996 soit 54 grêlimètres*années), trois plaques ont été impactées et deux dépouillées, ce qui laisse supposer des fréquences assez faibles. La comparaison sera intéressante entre la Marne et le Cher et entre la Marne et les Charentes qui pour l'instant sont les départements les moins touchés par la grêle parmi ceux équipés de grêlimètres.

3.2.4- La comparaison entre grêlimétrie et autres sources

* Une première comparaison avec les résultats des autres expériences grêlimétriques ayant eu lieu en France (tableau 23) confirme les fréquences que nous avons mises en évidence. Pour la Moyenne-Garonne, les chiffres de fréquence ponctuelle moyenne donnent 0,73, ce qui est un peu plus élevé que ceux enregistrés pour la



Carte 18 - Fréquence ponctuelle moyenne de la grêle par département

Moyenne-Garonne par la grêlimétrie ACMG (environ 0,5 à conditions de dépouillement égales) Il est vrai que les années 1982 et 1983 furent particulièrement grêlifères comme en témoignent les occurrences Météo-France (voir chapitre 1). Les données de l'expérience Moyenne-Garonne 1981-1983 ont été digitalisées. Une étude plus précise de comparaison entre ces données et les données grêlimétriques actuelles est envisagée par l'ACMG. Pour le Languedoc et l'Auvergne, il faut retenir les ordres de grandeur, les conditions de dépouillement ne nous étant pas connues avec précision. Les fréquences semblent élevées en Auvergne (Puy-de-Dôme) bien que la période soit courte (trois ans).

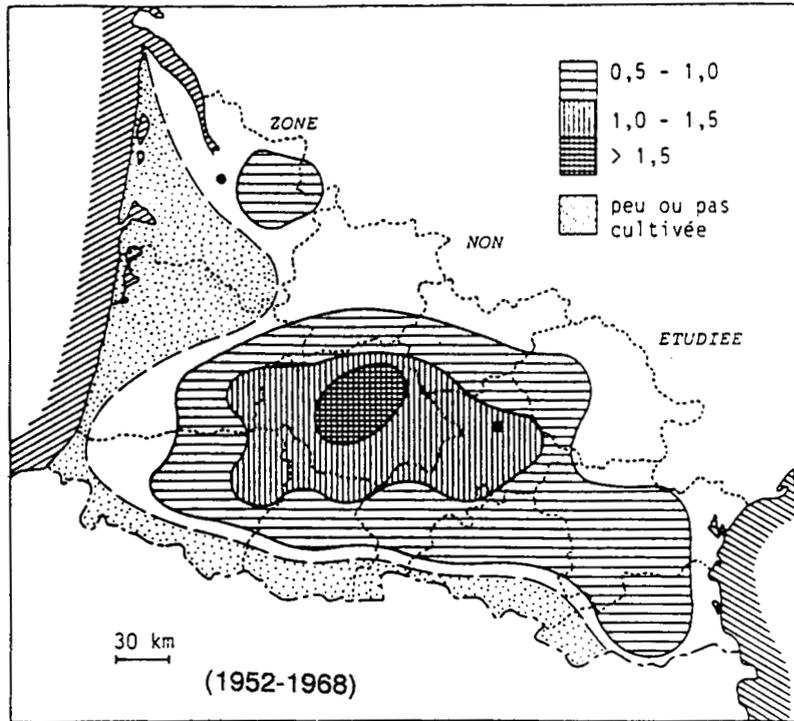
Tableau 23 - La fréquence de la grêle en Auvergne, Languedoc et Moyenne-Garonne

Lieu et dates	Moyenne-Garonne (1981-1984)	Auvergne (1973-1975)	Languedoc (1972-1976)
fréquence ponctuelle moyenne annuelle (mai-septembre)	0,73	1,29	0,32

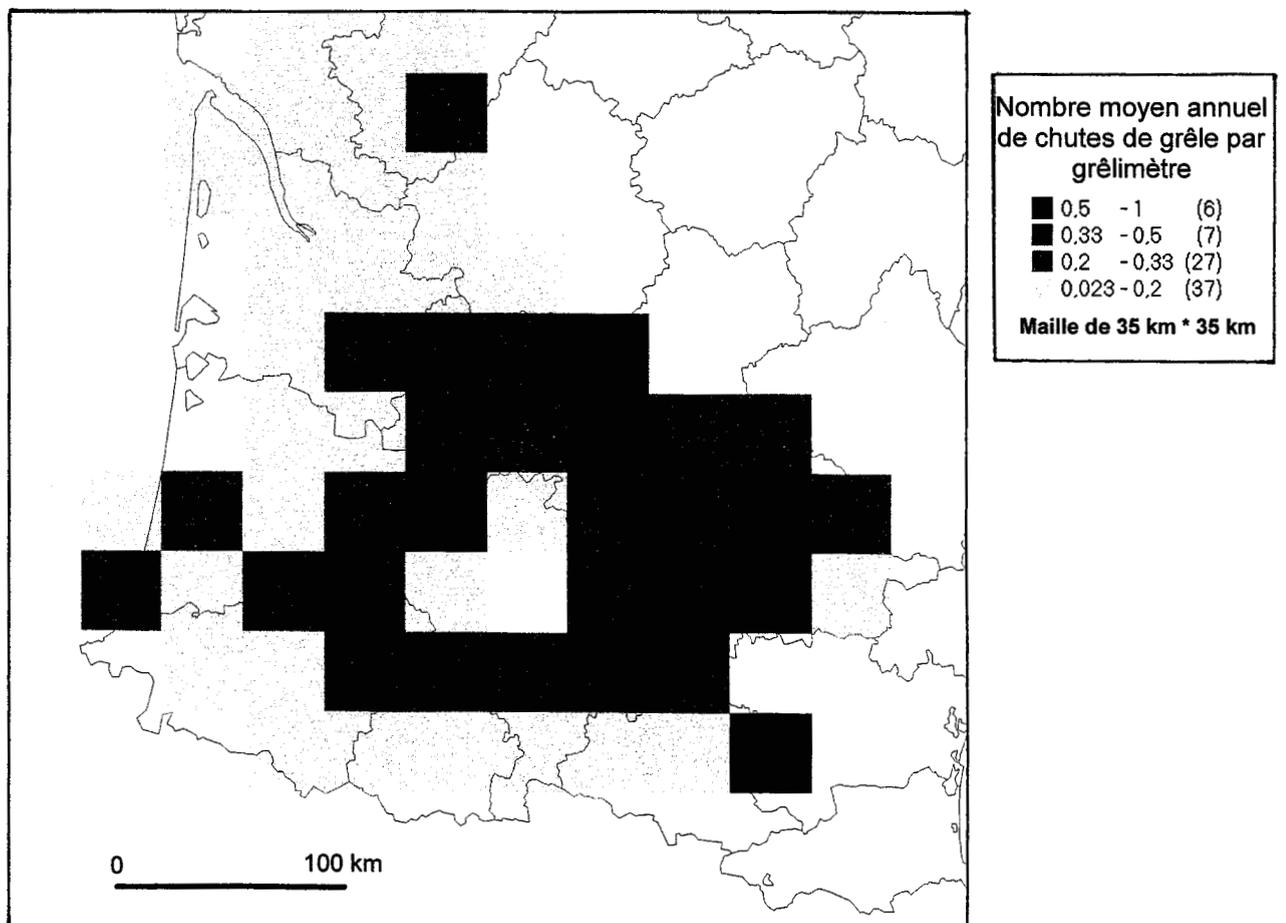
N.B. : Les chiffres sont extraits de Husson et *alii*, 1984, p.153. Ils sont exprimés ici pour 152 jours soit la période mai à septembre.

Cette fréquence élevée serait cohérente avec celle mise en évidence pour l'arrondissement de Roanne, voisin du Puy-de-Dôme. Il semblerait donc que la fréquence de la grêle fléchit peu entre le Sud-Ouest (Lot, Lot-et-Garonne...) et la région Rhône-Alpes. Il y aurait là une certaine continuité grêlimétrique. En revanche, le Languedoc (département de l'Hérault) a des fréquences quatre fois plus faibles que celles de l'Auvergne. Cette proportion est la même entre les occurrences Météo-France de Clermont-Ferrand (32 occurrences de grêle en 35 ans soit une fréquence moyenne annuelle de 0,91) et celle de Montpellier (8 chutes en 35 ans soit 0,23 par an). Sans que les chiffres soient comparables, ces données grêlimétriques valident les disparités régionales mises en évidence à partir des occurrences Météo-France.

* Castet J. et Deyries P. (1970) ont effectué (carte 19) une cartographie fiable des chutes de grêle dans le Sud-Ouest. Elle se fonde sur la fréquence moyenne annuelle d'averses de grêle dommageables sur récoltes par carré de 30 kilomètres de côté. Le mode de comptage est différent de la grêlimétrie bien évidemment ; toutefois les tendances et gradients régionaux peuvent être comparés. Le Gers est le pivot de la carte établie par Castet. Ce serait le département du Sud-Ouest qui reçoit le plus de grêle. Or le Gers n'a pas de données grêlimétriques. On ne peut faire des comparaisons que sur ses marges. La



Carte 19 - Fréquences annuelles des chutes de grêle dans le Sud-Ouest d'après Castet et Deyries (1970). (Nombre d'averses par carré de 900 km²)



Carte 20 - La fréquence de la grêle dans le Sud-Ouest d'après les réseaux grêlimétriques (1987-1996)

bande littorale aurait des fréquences faibles tout comme la chaîne pyrénéenne. Le gradient d'augmentation des fréquences est très fort à l'est de Mont-de-Marsan pour atteindre la maximum à l'ouest du Gers. On devine une disposition en éventail qui partirait des Pyrénées-Atlantiques vers le nord-est. Les fréquences sont aussi fortes dans le nord-est des Pyrénées-Atlantiques et en Comminges comme observé sur les cartes de fréquences grêlimétriques (carte 20). Autour de Toulouse, la fréquence de la grêle serait moins élevée que dans le sud de la Haute-Garonne et les Hautes-Pyrénées. La grêle se ferait plus rare vers l'est, en Ariège, dans l'Aude et les Pyrénées-Orientales (fréquences ponctuelles entre 0,1 et 0,13 soit une chute tous les 8 à 10 ans). C'est surtout dans le Tarn et le Lot que nos résultats diffèrent de ceux de Castet. Les fréquences relevées par Castet dans ces deux secteurs sont aussi basses que celles du littoral atlantique. Les relevés grêlimétriques montrent au contraire que les fréquences restent fortes à l'est de la vallée de la Garonne. S'agit-il d'une sous-évaluation de la part de l'enquête de Castet fondée sur les dégâts agricoles sachant que Tarn et Lot comptent moins d'espace cultivé ? ou d'une surévaluation due à le caractère récent des séries grêlimétriques ? Seule, la prolongation de ces dernières permettra de trancher.

* Même en incluant les chutes à diamètre maximal inférieur à 8 mm, les fréquences grêlimétriques atteignent à peine celles données par les occurrences des fichiers Météo-France (tableau 24). Ceci est sans doute à mettre au compte d'une sous-évaluation des chutes faibles par les grêlimètres : insensibilité des plaques aux petits diamètres (> 5 mm ou 6 mm) ou absence de dépouillement des plaques dont l'énergie est jugée a priori trop faible.

Tableau 24 – comparaison des données Météo-France et des données grêlimétriques

	Fréquence ponctuelle moyenne annuelle	
	Cher (Bourges+Avord)	Agen (1989-1995)
Météo-France (1989-1995)	0,92	1,14
grêlimétrie ANELFA et ACMG	0,13 (seuil 0,8 mm)	0,714 (seuil 0,8mm) 1 (seuil 0,5mm)

Il semble évident que les chiffres de Météo-France surévaluent le risque-agent. La bonne foi des observateurs n'est pas en cause. Une chute de grêle dommageable par an en moyenne dans un endroit aurait conduit depuis bien longtemps à la disparition des

cultures fruitières dans les régions concernées. Il faut donc nuancer les fréquences Météo-France. Sans doute n'y a-t-il pas de séparation rigoureuse entre le grésil et la grêle. Le seuil de 5 millimètres n'est qu'indicatif. Au regard des enregistrements grêlimétriques, il faut diminuer de 20 à 30 % ces chiffres pour avoir une idée du nombre de chutes de grêle dommageables au moins dans le Sud-Ouest, sans doute plus dans le nord de la France comme le montrent les quelques comparaisons que nous avons effectuées (tableau 24). Seul un patient et systématique dépouillement des diamètres de grêlons dans les TCM (tableaux climatologiques mensuels) de Météo-France pourrait établir une corrélation véritable.

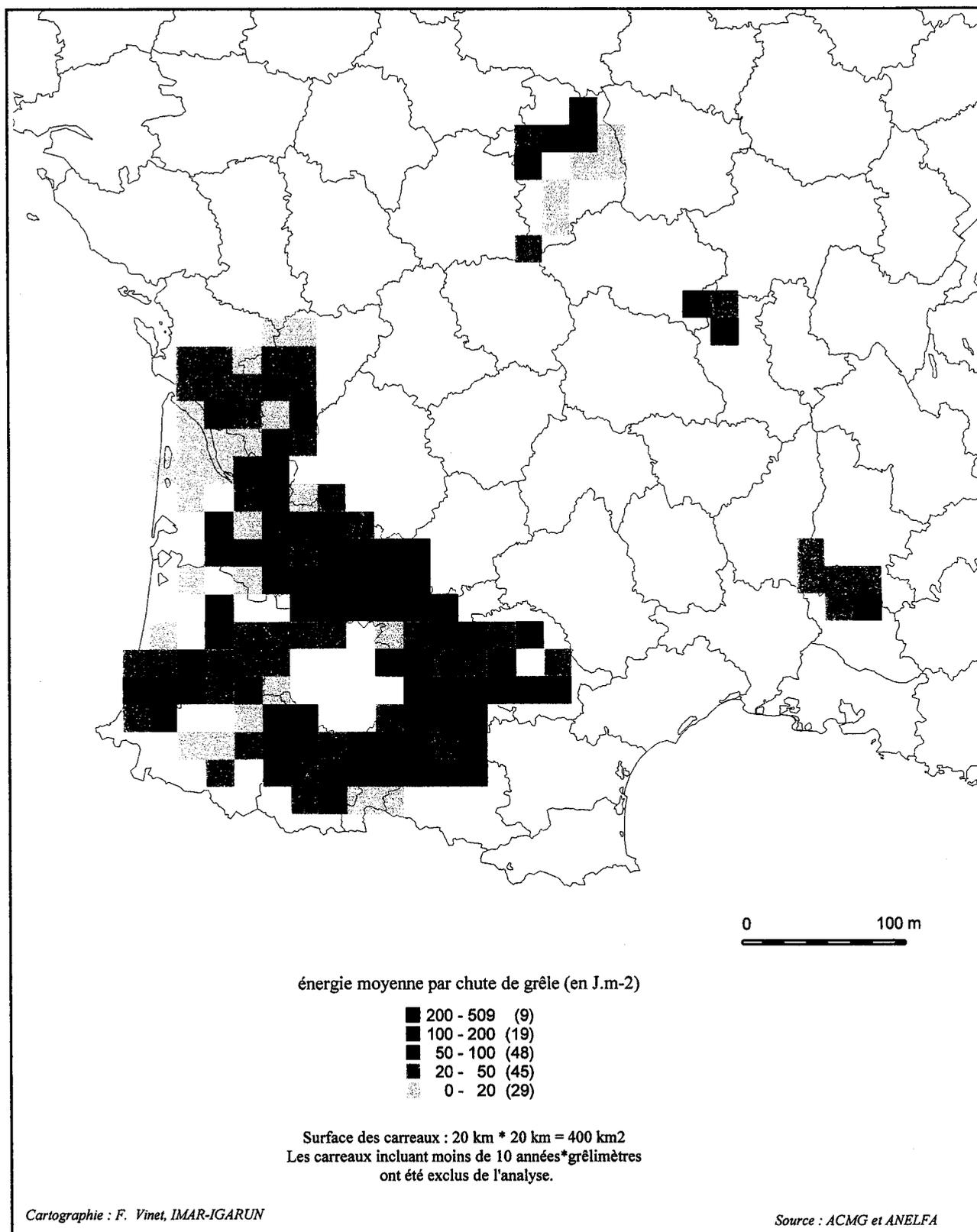
A l'issue de cette étude des fréquences données par la grêlimétrie, on retrouve les gradients grêlifères régionaux perçus lors de l'analyse des données Météo-France. Le seuil retenu (élevé) d'un diamètre maximal de grêlon au moins égal à 8 mm implique que toutes ces chutes sont potentiellement dommageables, ce qui n'est pas le cas des occurrences Météo-France. On retrouve le contraste littoral/intérieur, la décroissance des fréquences en allant vers la Méditerranée que ce soit dans le Lauragais ou dans le couloir rhodanien : les fréquences sont moins élevées dans la Drôme que dans la Loire. Ce dernier département affirme les prédispositions grêlimétriques de la région Rhône-Alpes. Les données grêlimétriques concernant quelques départements du nord et de l'ouest de la France (Cher, Charentes...) bouleverse la hiérarchie instaurée à l'issue de l'examen des occurrences Météo-France. Le Cher et les Charentes sont peu grêlifères, ce qui laisse penser que la plupart des chutes de grêle signalées par Météo-France dans ces régions sont faibles et ne seraient pas enregistrées par des plaques grêlimétriques.

3.3- L'intensité des chutes de grêle

Deux indicateurs sont à considérer : d'une part, l'énergie moyenne des chutes, d'autre part l'énergie moyenne reçue chaque année en un endroit donné.

3.3.1- La répartition spatiale de l'intensité des chutes de grêle

Le premier indicateur témoigne en quelque sorte de l'efficacité des nuages grêligènes (carte 21). On retrouve plus difficilement les grandes divisions des cartes de fréquences. Ceci s'explique par deux raisons. La première est liée à la jeunesse des sources. La distribution statistique des énergies mesurées suit une loi lognormale donc la

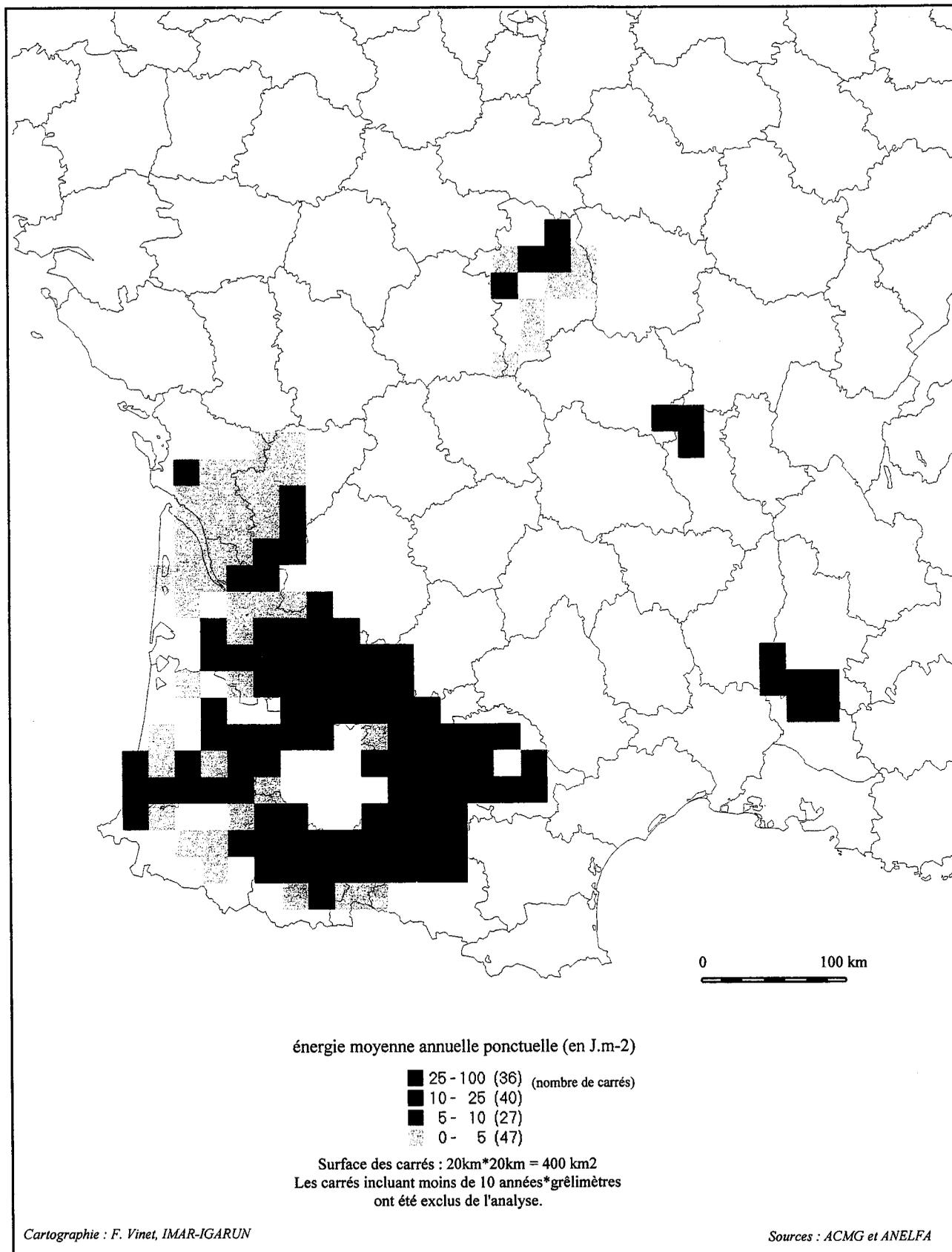


Carte 21 - L'intensité moyenne des chutes de grêle

variabilité spatiale est beaucoup plus forte. Vu la durée encore faible des enregistrements grêlimétriques (dix années au maximum), il suffit d'une chute particulièrement violente en un lieu donné pour faire augmenter la moyenne des énergies. C'est le cas de la chute de 1451 J.m^{-2} sur Lavazan en Gironde, seule chute en huit ans sur cette station mais qui répartie sur huit ans donne une énergie moyenne annuelle forte (181 J.m^{-2}). La distribution géographique des diamètres maximaux mesurés ne fait pas non plus apparaître d'organisation spatiale nette. Les diamètres et les énergies élevés peuvent se rencontrer partout mais plus ou moins fréquemment. Dans certains cas, le gradient de fréquence est renforcé par celui de l'intensité des chutes. C'est le cas dans les Charentes où l'intensité des chutes croît du littoral vers l'intérieur alors que les fréquences n'augmentent que peu entre Charente-Maritime et Angoumois. A fréquences comparables, la continentalité renforce l'intensité des chutes de grêle. Autre différence entre la zone atlantique et la zone méditerranéenne : Charentes d'une part et Aude/P.O./Ariège de l'autre ont des fréquences de grêle similaires mais les chutes sont plus violentes dans la deuxième région. Les énergies médianes sont respectivement de 20 J.m^{-2} dans les Charentes et de $50,5$ en Ariège. C'est dans ce dernier département que les énergies recueillies par chute sont les plus fortes.

3.3.2- Une bonne approche du risque-agent : la quantité moyenne annuelle de grêle

Le deuxième indicateur, l'énergie moyenne annuelle (carte 22 et 23), peut-être plus abstrait, est pourtant celui qui exprime le mieux l'acuité du risque-grêle. Il pondère l'intensité des chutes de grêle par leur fréquence. C'est une moyenne de l'énergie reçue chaque année par un mètre carré d'espace. C'est donc un indicateur synthétique, le plus proche de ce que subissent les cultures en moyenne chaque année. Ponctuellement, l'énergie moyenne annuelle va de 0 à 200 J.m^{-2} . Il est difficile de départager les départements du Sud-Ouest intérieur : sud-est de la Gironde, Lot-et-Garonne, Tarn-et-Garonne, Lot, Tarn, Haute-Garonne et Hautes-Pyrénées. Les départements les plus touchés (carte 23) sont le Lot, le Tarn-et-Garonne et la Loire où chaque mètre carré reçoit en moyenne 40 joules de grêle par an.



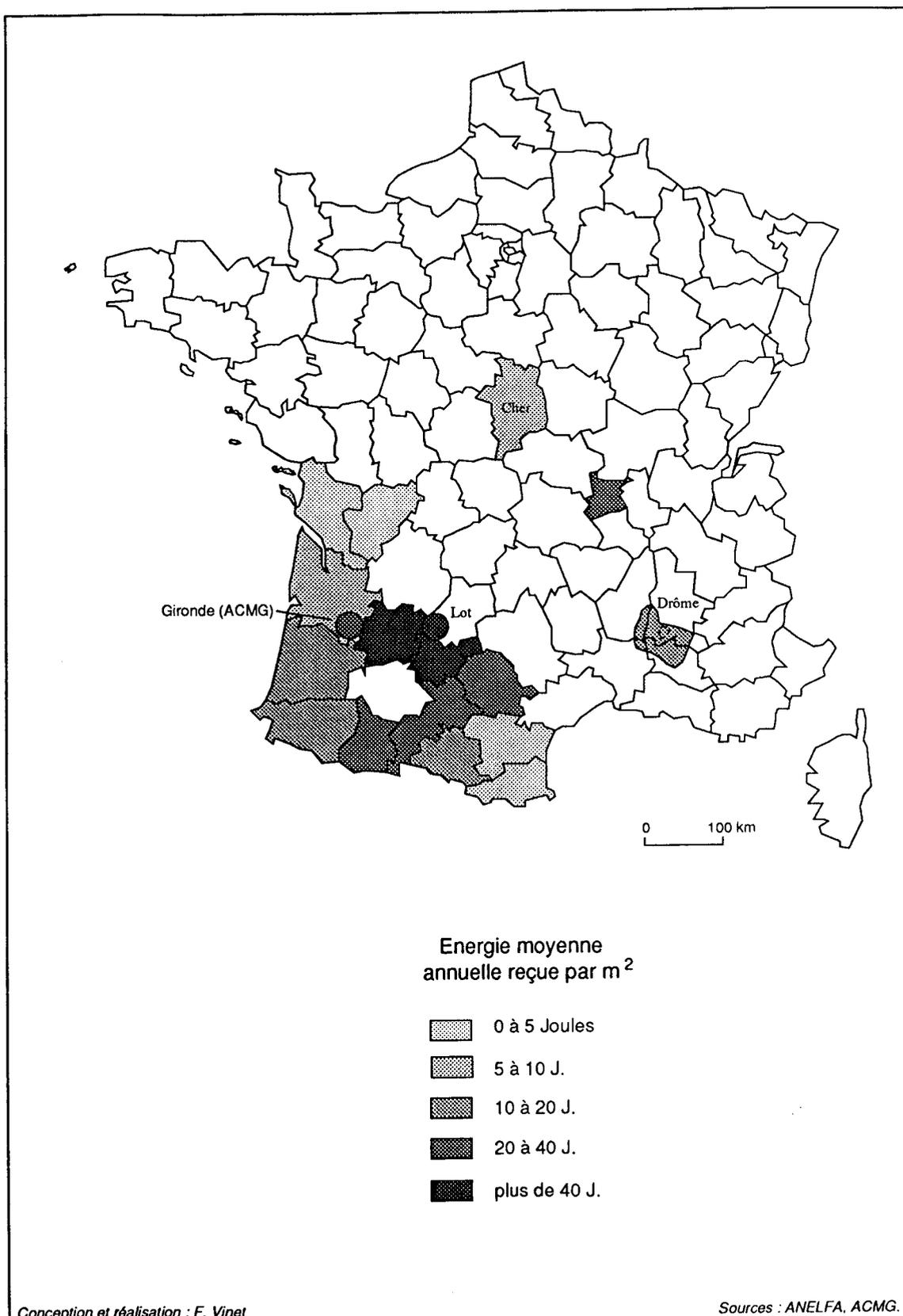
Carte 22 - L'intensité moyenne annuelle de la grêle

Tableau 25 - Energie moyenne reçue annuellement par département

département	énergie moyenne annuelle en J.m ⁻²
Tarn-et-Garonne (ACMG)	41,353
Lot (ANELFA)	41,2
Loire (ANELFA)	37,8
Tarn (ANELFA)	28,1
Lot-et-Garonne (ACMG)	26,15
Hautes-Pyrénées (ANELFA)	23,3
Haute-Garonne (ANELFA)	20,8
Ariège (ANELFA)	14,8
Drôme (ANELFA)	13,7
Pyrénées-Atlantiques (ANELFA)	12,4
Landes (ANELFA)	11,9
Cher (ANELFA)	7,3
Gironde (ANELFA) (Gironde ACMG)	6,8 (40)
Dordogne (ANELFA)*	5,4*
Aude et Pyrénées-Orientales (ANELFA)	4,7
Champagne (Marne et Aube) (CIVC)*	2,43*
Charente (ANELFA)	2,3
Charente-Maritime (ANELFA)	1,9

*échantillons faibles, chiffres indicatifs.

Sur le littoral atlantique et dans le Cher, la variabilité spatiale est forte. Cette variabilité est réelle comme le prouve la présence de nombreux carrés sans chutes de grêle (pour plus de dix années*grêlimètres). Les chutes sont rares mais peuvent être assez intenses. Cependant, la densité de grêlimètres étant moins élevée, il faudra plus de temps pour lisser les carrés. Dans les Charentes, la forte densité des grêlimètres homogénéise les intensités moyennes annuelles (carte 23, tableau 25) entre 1 et 3 J.m⁻² soit 10 fois moins qu'en Haute-Garonne (20 J.m⁻² par an). Le hiatus est net entre le nord et le sud de la Gironde : la carte par carroyage (carte 22) le montre bien ; les chiffres du tableau 25 le confirment. Les chiffres élevés pour la Gironde sur le réseau ACMG par rapport à ceux



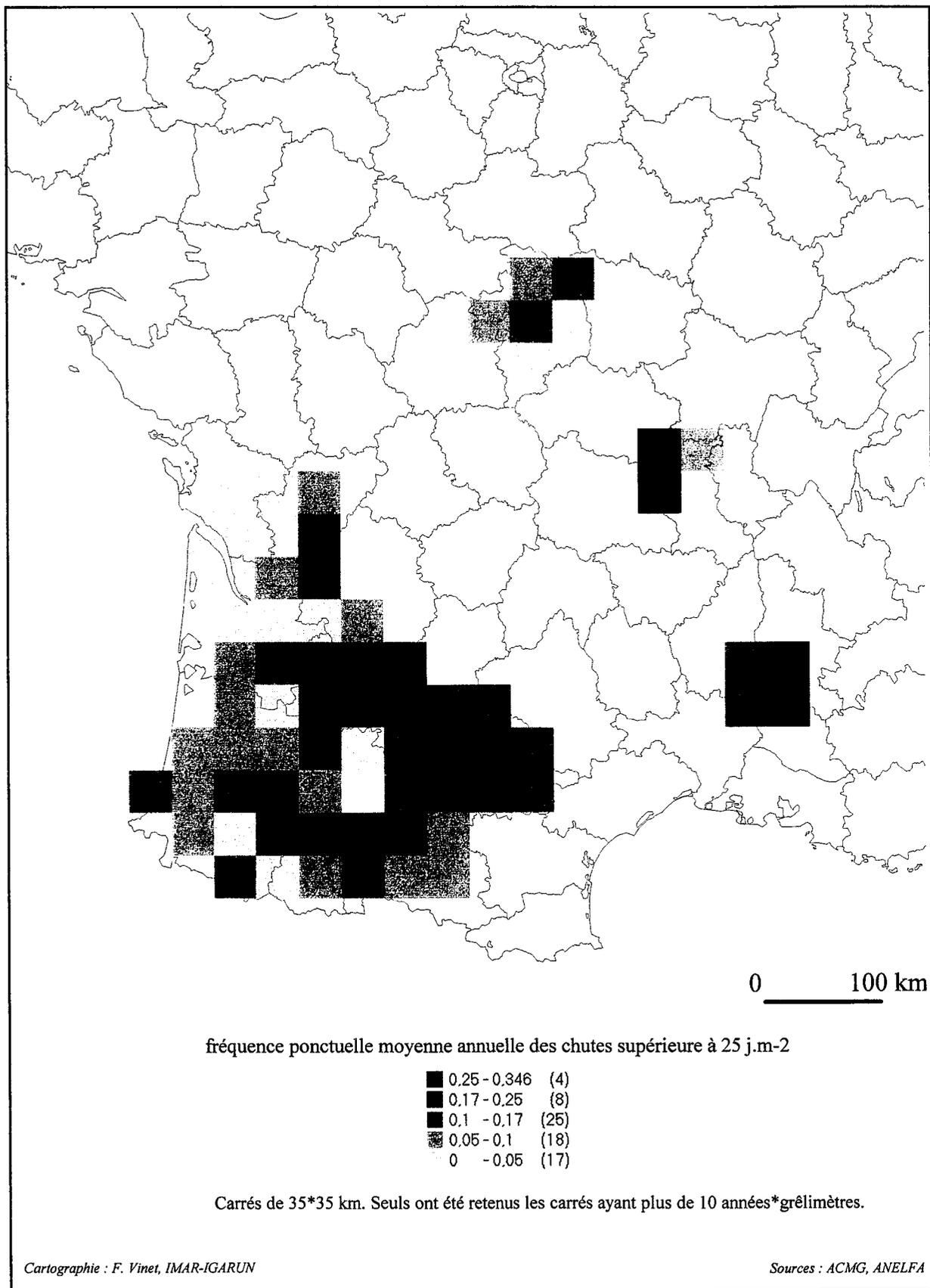
Carte 23 - Energie moyenne annuelle ponctuelle par département

de l'ANELFA s'expliquent par la concentration dans le sud-est du département des grêlimètres ACMG alors que l'ANELFA couvre (de façon moins dense) tout le département.

Ces chiffres sont à l'heure actuelle la plus fidèle représentation du risque-agent grêle, c'est-à-dire de la potentialité destructrice de la grêle. Leur finesse va s'améliorer dans les années à venir par l'allongement des séries statistiques grêlimétriques. Cet allongement des séries permettra notamment d'envisager des études de la variabilité interannuelle de la fréquence ponctuelle de la grêle, qui pour l'instant, ne sont pas possibles. Il ne serait pas raisonnable de calculer des paramètres de dispersion sur des séries de 7 ou 8 ans pour un phénomène aussi aléatoire que la grêle. Tenons-nous-en, comme nous l'avons fait, aux paramètres de position.

3.3.3- La fréquence des fortes chutes

Une dernière évaluation, plus restrictive du risque peut se faire par le calcul des fréquences ponctuelles par seuil d'énergie. Nous avons retenu le seuil de 25 J.m^{-2} qui est la valeur énergétique médiane des chutes de grêle. De plus, cette énergie est susceptible de toucher toutes les cultures, alors que les énergies inférieures ne touchent que les cultures les plus sensibles (fruits, fleurs...). La répartition géographique des chutes moyennes et fortes (carte 24) suit les tendances déjà décrites. Ces fréquences sont faibles en Gironde et en Charentes souvent une chute de plus de 25 J.m^{-2} tous les vingt ans (fréquence ponctuelle 0,05). Dans le sud des Landes et certaines stations du Cher, la fréquence est en moyenne de 0,1 soit une chute tous les dix ans. Dans le Sud-Ouest intérieur, la fréquence est de 0,17 soit une chute tous les 5 ou 6 ans. Sur quatre carrés (un dans le Tarn, un dans le Tarn-et-Garonne et deux dans la Loire), les valeurs dépassent 0,25 et même 0,33 dans la Loire. Ce dernier chiffre montre l'efficacité des chutes de grêle dans la Loire. Cependant, les valeurs des carrés y sont contrastées : 0,06 dans l'est du département contre 0,3 et 0,35 dans l'ouest. Il semblerait que les fréquences et l'intensité de la grêle soient sensibles aux conditions locales (relief?).



Carte 24 - La fréquence des chutes de grêle moyennes et fortes

Conclusion

*Les sources et la méthodologie

La grêlimétrie est le moyen de mesure le plus fiable de la grêle. Des efforts seraient pourtant nécessaires dans plusieurs directions.

- Tout d'abord, il serait souhaitable d'aller vers une homogénéisation des dépouillements et des traitements statistiques des plaques grêlimétriques par le choix du même type de polystyrène extrudé, par l'application des mêmes équations de calcul d'énergie...

- C'est la pérennisation plus que la densification des réseaux qui améliorera les données. Dans certains départements, la densité des grêlimètres est telle que son augmentation apporterait peu de précisions concernant le risque-grêle et ses variations spatiales. En effet plus la maille du réseau est fine et l'échelle de travail restreinte, plus longues doivent être les séries statistiques pour espérer entrevoir des disparités spatiales.

- Pour la connaissance de la grêle et l'évaluation de l'efficacité de la prévention, les efforts pourraient porter sur des régions non équipées. Il est évident qu'il serait aberrant d'équiper la France entière de grêlimètres. La densité de grêlimètres doit être adaptée à l'enjeu socio-économique ou à l'intérêt climatologique. L'implantation de grêlimètres serait particulièrement profitable dans les endroits suivants :

- le Gers, le sillon rhodanien, les Hautes-Alpes où la grêle est supposée forte et où les enjeux socio-économiques ne le sont pas moins.

- la montagne pyrénéenne, le Massif central où il y a certes peu de culture à défendre mais où des grêlimètres seraient utiles pour juger du rôle du relief et comparer avec les données des plaines ou bassins environnants.

Nous sommes conscients, pour avoir essayé d'implanter des grêlimètres dans certains départements, des obstacles auxquels se heurtent la mise en place *ex nihilo* et la maintenance d'un réseau de grêlimètres.

Nous avons volontairement délaissé l'approche diachronique des séries grêlimétriques, les séries étant trop courtes pour tirer des conclusions définitives sur la variabilité interannuelle et les récurrences d'énergies cinétiques. L'apport de nouvelles campagnes de mesures pourra dans quelques années permettre de calculer des périodes de retour pour des diamètres ou des niveaux d'énergie. L'étude diachronique sera versée au dossier de la crise du début des années 1990 (troisième partie).

Le gain en précision serait moins garanti dans l'hypothèse d'une étude plus approfondie (dépouillement des TCM et collecte des diamètres) des données Météo-

France. Il n'est pas sûr que les résultats espérés en valent l'effort. La mesure des diamètres n'est pas systématique dans les stations Météo-France et, en tout cas, on ne possède pas la densité des grêlons au m². Ce dépouillement serait peut-être indiqué pour le Bassin parisien où les occurrences Météo-France surestiment la fréquence de la grêle.

Les données de l'Argus de la Presse sont encore récentes. Leur collecte doit être poursuivie entre autres pour les renseignements qualitatifs fournis qui ne se retrouvent nulle part ailleurs et qui permettront une typologie des dégâts (voir deuxième partie). L'utilisation de la presse serait précieuse pour une approche non plus ponctuelle (celle que nous avons privilégiée) mais événementielle.

Ce n'est que par le croisement et la multiplicité des sources que l'on peut arriver à une géographie du risque-agent en France.

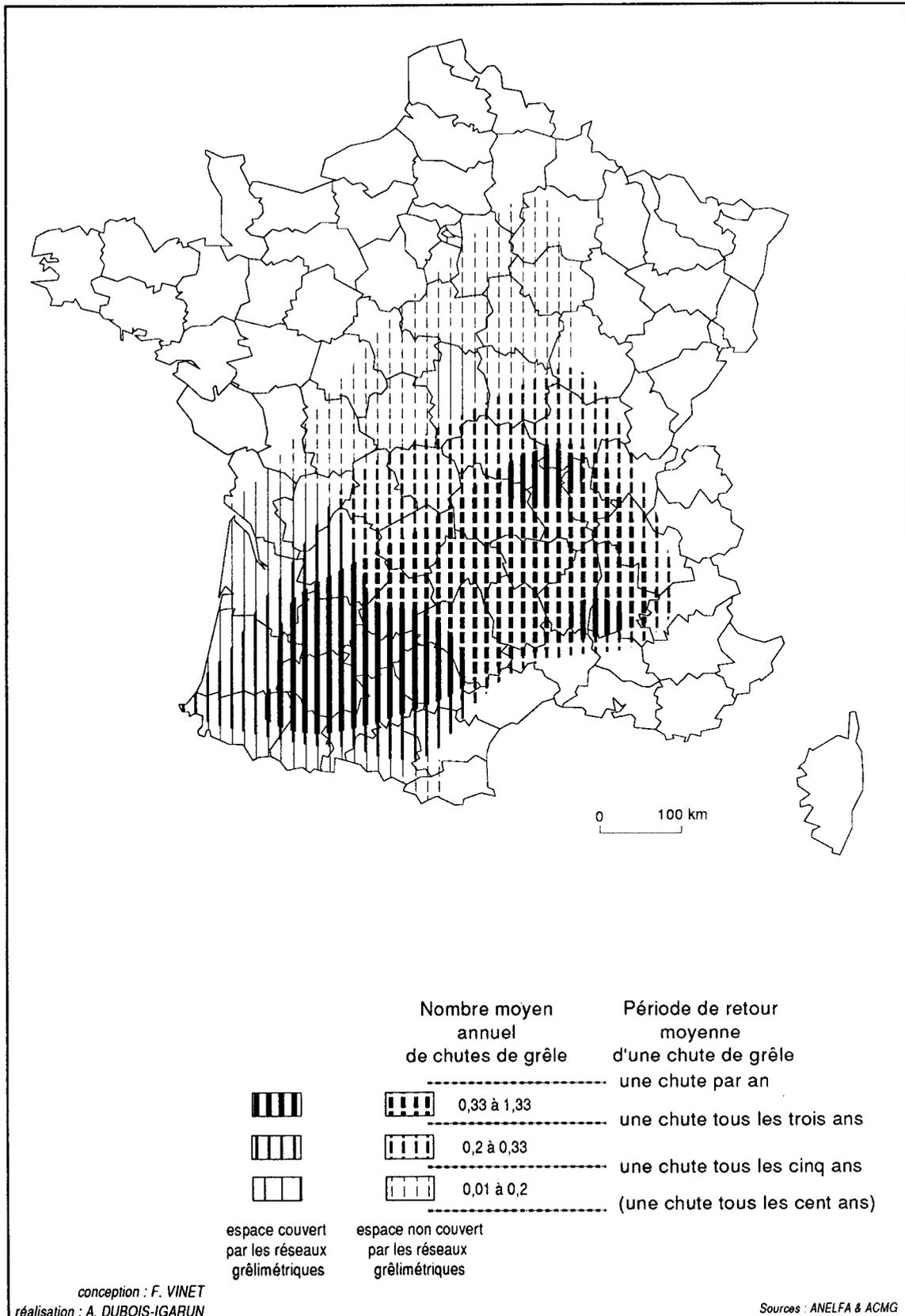
***Les enseignements**

Globalement, le coeur grêlifère se situe dans un quadrilatère : Pau-Marmande-Albi-Saint-Gaudens (carte 25). Sur cet espace, on peut dire que la durée de retour ponctuelle d'une chute de grêle avec diamètre supérieur à 8 mm est d'au moins trois ans. L'allongement des séries grêlimétriques dira si l'on peut déceler des gradients internes au Sud-Ouest ou si l'on va vers une homogénéisation spatiale des valeurs de fréquences et d'énergie comme c'est le cas dans la Haute-Garonne et les Hautes-Pyrénées (carte 15). Les fréquences restent élevées vers le Massif central (Lot et Tarn) et en région Rhône-Alpes (Loire). A partir de ce "coeur", s'échappent deux gradients décroissants :

- le premier vers les régions méditerranéennes, les fréquences de la grêle diminuent sembl-t-il dès le nord-est de la Haute-Garonne, mais l'intensité des chutes de grêle se maintient. Les chutes sont plus rares mais aussi fortes.

- le second vers le nord et l'ouest. Energies et fréquences sont les plus basses en Charente-Maritime. Le Cher est plus touché que les Charentes. Quant au vignoble champenois, les trois ans disponibles laissent augurer un risque non négligeable, beaucoup plus faible que dans le Sud-Ouest mais comparable à celui enduré dans les Charentes.

Les valeurs d'énergie et de fréquence sont élevées dans la Loire et les chiffres de l'expérience "Auvergne" (voir Husson et *alii*, 1984) laissent penser que la grêle touche autant le centre-est de la France. Cependant les contrastes locaux sont forts. Nous tenterons d'expliquer ces contrastes locaux en liaison avec le relief et les dispositions synoptiques.



Carte 25 - La fréquence de la grêle d'été en France d'après les réseaux grélimétriques: synthèse et extrapolation

Ce problème de forts contrastes locaux se retrouve dans les Landes et en Gironde. Bien qu'il y ait peu de grêlimètres dans les clairières des Landes, on peut conclure que le massif forestier est peu grêlifère. Est-ce le seul effet de la proximité du littoral comme les occurrences Météo-France l'avaient laissé entrevoir ou bien la présence de la forêt y ajoute-t-elle une action protectrice ? Nous reviendrons sur ce point dans l'étude des effets grêligènes des particularités géographiques locales.

L'analyse du risque-agent ne saurait rester descriptive. La définition du risque-agent nécessite un recours explicatif. Quels sont les mécanismes météorologiques qui génèrent les averses de grêle dommageables ? Comment ces mécanismes peuvent-ils expliquer la géographie du risque-grêle aux échelles nationale et régionale ? Comment peuvent s'exprimer les particularités locales -en liaison avec les situations météorologiques-, et comment peuvent-elles rendre compte de certaines ruptures spatiales que l'on devine (Loire, Landes, nord et sud de la Gironde...) à la lecture des cartes de la grêle d'été en France ?

Chapitre 3

la production de grêle : agents et mécanismes grêligènes

- 1- Les conditions synoptiques favorables aux chutes de grêle
- 2- Les nuages porteurs de grêle
- 3- La sensibilité de l'aléa-grêle aux particularités géographiques locales.

Chapitre 3

La production de grêle : agents et mécanismes grêligènes

Introduction

Dans les deux chapitres précédents, c'est la quantification de la grêle qui a été notre objectif prioritaire, en mesurant et spatialisant la fréquence et l'intensité du phénomène. Cependant, comme nous l'avons précisé en introduction générale, le risque-agent se définit non seulement par la mesure des phénomènes naturels mais aussi par l'étude des causes et mécanismes naturels qui en sont à l'origine. Les chutes de grêle d'été, les plus dommageables, sont liées à des situations orageuses. Le nombre de journées où l'on recense au moins une chute de grêle en France est de l'ordre de 50 par an entre mai et septembre. En 1994, l'Argus de la Presse, les réseaux grêlimétriques et les données de Météo-France nous ont permis de recenser 70 journées avec au moins une chute de grêle en France entre mai et septembre soit près d'un jour sur deux (70 jours /153 jours). La plupart des situations orageuses d'été donnent donc à un endroit ou à un autre en France des chutes de grêle. Les journées à fortes chutes de grêle coïncident le plus souvent avec les journées à orages et fortes intensités pluviométriques. R. Genève (1961) a montré que seulement 4 % des chutes de grêle ne sont pas accompagnées d'orages. L'étude des journées à grêle est indissociable d'une étude des situations orageuses. A l'échelle des circulations synoptiques, il y a donc coïncidence entre journées à grêle et journées à orage, situation grêligène et situation orageuse.

Cependant, aux échelles fines, l'étude de la relation entre grêle et orage se révèle complexe. En effet, le phénomène orageux est multiforme et peut se mesurer au travers du niveau kéraunique, de l'activité électrique ou des fortes intensités pluviométriques. De plus, si la grêle nécessite une situation orageuse pour se développer, toutes les situations orageuses ne sont pas porteuses de grêle. En fait, les chutes de grêle sont conditionnées par des phénomènes d'échelles différentes comme le rappellent Feyt G. *et alii* (1995 p. 362) : "la distribution spatiale d'une variable climatologique résulte de la superposition de deux niveaux de processus bien distincts :

- la circulation atmosphérique générale qui détermine la trajectoire et les caractéristiques d'ensemble des masses d'air...

- les facteurs régionaux ou locaux essentiellement, mais non exclusivement, liés à la topographie et susceptibles d'introduire de très fortes disparités spatiales, voire de

véritables discontinuités, dans les manifestations météorologiques au sein d'une même masse d'air."

Ces deux "niveaux de processus" sont nécessaires à la compréhension des chutes de grêle et de leur répartition spatiale donc à l'élaboration des cartes du risque-agent.

Ainsi, la circulation générale, en apportant sur la France des masses d'air instables favorise la formation de cellules orageuses. Elle fournit le ferment dans lequel peuvent se développer des chutes de grêle dommageables. Mais toutes les cellules orageuses ne sont pas porteuses de grêle au sol. C'est à l'échelle du cumulonimbus que va se décider la chute de grêle. Nous verrons quels sont les paramètres qui peuvent rendre un cumulonimbus grêligène en sachant que les recherches en la matière ne permettent pas de répondre à toutes les questions.

Il faudrait nuancer la citation de Feyt G.*et alii* (1995) car si les niveaux de processus sont "*bien distincts*", ils ne sont pas indépendants. L'expression des conditions géographiques dépend de la situation synoptique : une particularité géographique n'aura pas les mêmes conséquences sur la masse d'air suivant l'origine et la nature de cette masse d'air. De même, les conditions topographiques régionales peuvent avoir des répercussions sur la circulation synoptique (déviations des flux par exemple).

Pour satisfaire nos objectifs, il convient donc de décrire et d'expliquer les phénomènes générateurs de grêle à trois échelles d'analyse :

- Sera d'abord envisagé le rôle de la circulation atmosphérique sur la France : quelles sont les **situations météorologiques favorables** aux orages grêligènes ? Comment expliquer par les conditions synoptiques la répartition géographique des chutes de grêle en France ? Pourquoi le Sud-Ouest est-il particulièrement touché par les orages grêligènes ? Pourquoi la Bretagne est-elle épargnée par la grêle d'été ? Comment s'explique le nombre élevé de jours avec chute de grêle dans le nord-est de la France ?

- Les conditions favorables aux orages étant posées à l'échelle de l'Europe occidentale et de la France, quels sont les phénomènes qui, à l'échelle de la cellule orageuse, dans le **fonctionnement du cumulonimbus**, peuvent déclencher la formation de grêle et expliquer la chute de grêlons au sol ?

- Quels sont, enfin, les éventuels **effets grêligènes** (ou grêlifuges) des **particularités géographiques locales** en France (relief, forêt...) ? Dans quelle mesure les particularités géographiques locales peuvent-elles d'une part, amplifier le risque d'apparition d'orage et, d'autre part, favoriser leur caractère grêligène ?

Le but premier de cette reconstitution du système grêligénique (causes et mécanismes synoptiques et géographiques des chutes de grêle) est d'expliquer et, si possible, d'affiner ou de nuancer la répartition spatiale du risque-grêle en France. Mais les applications en terme de prévision et de prévention ne sont pas étrangères à nos préoccupations. Prévision et prévention font partie de la gestion du risque et dépendent d'une bonne connaissance géographique du risque-agent.

1- Les conditions synoptiques favorables aux chutes de grêle

Introduction : objectif et méthode d'approche

L'objectif de l'analyse synoptique est de voir comment et dans quelle mesure l'étude des circulations atmosphériques peut expliquer et nuancer la répartition géographique des fréquences et des énergies des chutes de grêle. En déterminant les situations synoptiques favorables aux types de temps orageux, on peut expliquer pourquoi telle ou telle région est plus ou moins touchée par la grêle. Les questions sont multiples et avant-tout géographiques. Il faut en particulier examiner le cas du sud-ouest de la France : pourquoi la grêle y est-elle si fréquente ? Comment expliquer les gradients grêlifères décroissants entre le Sud-Ouest intérieur et les Charentes ? L'analyse synoptique doit confirmer ou infirmer les chiffres de forte fréquence enregistrés dans le nord-est de la France, chiffres qui ne peuvent être confirmés par la grêlimétrie, inexistante en cette région. Quels sont les facteurs à l'origine de la forte grêlimétrie dans le centre-est de la France (Rhône-Alpes) ?

Une étude exhaustive des journées orageuses grêligènes n'est pas possible. Des études typologiques des situations orageuses grêligènes ont été tentées en Espagne (Olcina Cantos J., 1994) mais leurs conclusions ne sont pas applicables à la France. Pour la France, nous avons dû composer avec le relatif vide bibliographique concernant les orages. Les physiciens de l'atmosphère et les météorologues ont adondamment traité des orages comme phénomène atmosphérique. Les climatologues-géographes ont produit de nombreuses études de cas de chutes de grêle (Gravier J. et Roussel I., 1997 ; Roussel I. 1986 ; J.P. Vigneau, 1985 ; Carréga P., 1991) parfois associées à d'autres risques comme les tornades (Gravier J., 1986). Ces études insèrent pour la plupart leur problématique synoptique dans la théorie norvégienne et montrent comment des descentes de fronts froids (même hivernale) peuvent générer des types de temps orageux

grêligènes. Cependant, on ne compte pas d'étude synthétique et globale sur les orages en France. Sans comparaison possible à l'amont avec les situations orageuses dont elles dépendent, une étude typologique "exhaustive" des situations grêligènes serait vaine. Par ailleurs, le choix des critères d'une telle typologie serait délicat. A la simplicité voire l'unicité des situations grêligènes en altitude (onde de Rossby sur le Proche Atlantique déterminant un flux de SW sur la France) répond une multitude de situations en surface.

Pour satisfaire nos objectifs que sont la définition du risque-agent et sa répartition spatiale en France, il nous a paru plus judicieux de dégager à partir de quelques cas les constantes et les variables des situations grêligènes sans perdre de vue l'optique géographique qui est la nôtre. La journée du 5 juillet 1993 est un cas d'école. Lors de cette journée, les averses de grêle ont touché le sud-ouest et le centre-est de la France, précisément les régions en moyenne les plus touchées par la grêle (chapitre 1 et 2) . Après l'étude détaillée de cette journée, nous déclinerons les facteurs synoptiques grêligènes suivant d'autres exemples pour reconstituer le contexte synoptique grêligène.

1.1- La journée exceptionnellement grêlifère du 5 juillet 1993

L'année 1993 a été la plus désastreuse en matière de grêle depuis 1971. De mai à septembre, de nombreuses journées orageuses¹³ porteuses de grêle ont provoqué des dégâts sur les bâtiments, les véhicules et les cultures. C'est la journée du 5 juillet 1993 qui fut la plus symptomatique. Son analyse est intéressante à plus d'un titre : lourds dégâts dus à la grêle, nombreuses régions touchées dont le Sud-Ouest et la région Rhône-Alpes. En outre, elle comporte des éléments typiques qui se retrouvent dans la plupart des journées à grêle en France tout en mettant à jour, par certains aspects inattendus ou incohérents, les difficultés propres à l'identification péremptoire et à la prédictibilité infallible d'une situation grêligène.

Afin de cerner au mieux toutes les composantes de cette journée grêligène, nous procéderons à l'analyse des points suivants :

- les dégâts de la grêle
- répartition spatiale et évolution des masses nuageuses
- la situation synoptique en altitude

¹³ 39 journées avec grêle ont été détectées par les réseaux grêlimétriques de l'ANELFA et de l'ACMG entre mai et septembre 1993 soit 1 jour sur 4 (sur un dixième du territoire français !)

- la circulation au sol et les masses d'air
- approche régionale de la circulation en basses couches
- bilan : faits avérés et incertitudes

1.1.1- Intensité et répartition spatiale des dégâts

1.1.1.1- L'ampleur des dégâts

Quinze départements français ont été touchés à des degrés divers par les chutes de grêle (carte 26). Le phénomène pouvant être quelquefois très ponctuel, nous avons dressé la carte des zones touchées par la grêle en regroupant les sources tant climatologiques (Météo-France, grêlimétrie) que socio-économiques (assurances, presse). Deux cartes analytiques présentent pour l'une, les données grêlimétriques de ce jour et l'autre les dégâts sur véhicules et bâtiments fournis par la MAIF. Par ailleurs, ce sont les données de la presse qui se sont révélées particulièrement utiles, la précision des détails dans la presse locale permettant de "suivre à la trace" les averses de grêle. Pour information, nous avons également signalé les autres phénomènes violents liés aux orages (fortes précipitations avec inondations et coulées de boue, vent violent).

Les dégâts strictement liés à la grêle concernent :

- les bâtiments (toitures, vitres et verrières brisées)
- les véhicules (carrosserie martelée et vitres brisées)
- les cultures (récoltes sur pied détruites à des degrés divers : maïs, vigne, verger..)

Il faut ajouter quelques personnes blessées par la chute de grêlons surtout en Rhône-Alpes. Les blessures par chutes de grêlons sont fort heureusement assez rares. Elles témoignent de la violence et de la soudaineté des chutes de grêle lors de cette journée particulière.

Les dégâts matériels ont été graves sur les véhicules (carte 27). Dans les Hautes-Pyrénées, où l'averse de grêle a touché la ville de Tarbes, la MAIF a recensé 1750 véhicules impactés par la grêle. Il faut dire que l'averse a touché trois lycées où la concentration d'automobiles assurées à la MAIF était particulièrement forte en ce jour de résultats du baccalauréat. Ce sont au total pour la France, 7500 véhicules d'assurés que la MAIF a dû indemniser (pour plus de 11 millions de francs). Or cette mutuelle d'assurance ne représente qu'un peu plus de 10 % du marché national de l'assurance-automobile. On peut estimer à au moins 100 000 le nombre de véhicules endommagés par la grêle dans le pays lors de cette journée.

Pour les bâtiments (carte 27), le montant des indemnisations MAIF fut de 58 millions de francs pour 2560 sinistres. Les dégâts matériels sont situés principalement dans le département du Rhône et les Hautes-Pyrénées. Cette répartition des dégâts est indicative ; elle ne reflète pas forcément l'intensité et la situation géographique réelle des averses de grêle. Elle est biaisée par la répartition des assurés MAIF et surtout par la zone électorale des chutes de grêle. Les départements qui cumulent les plus gros dégâts sont ceux où l'averse de grêle a atteint une agglomération urbaine : Tarbes dans les Hautes-Pyrénées, Limoges en Haute-Vienne, Auch dans le Gers et surtout l'agglomération lyonnaise dans le Rhône.

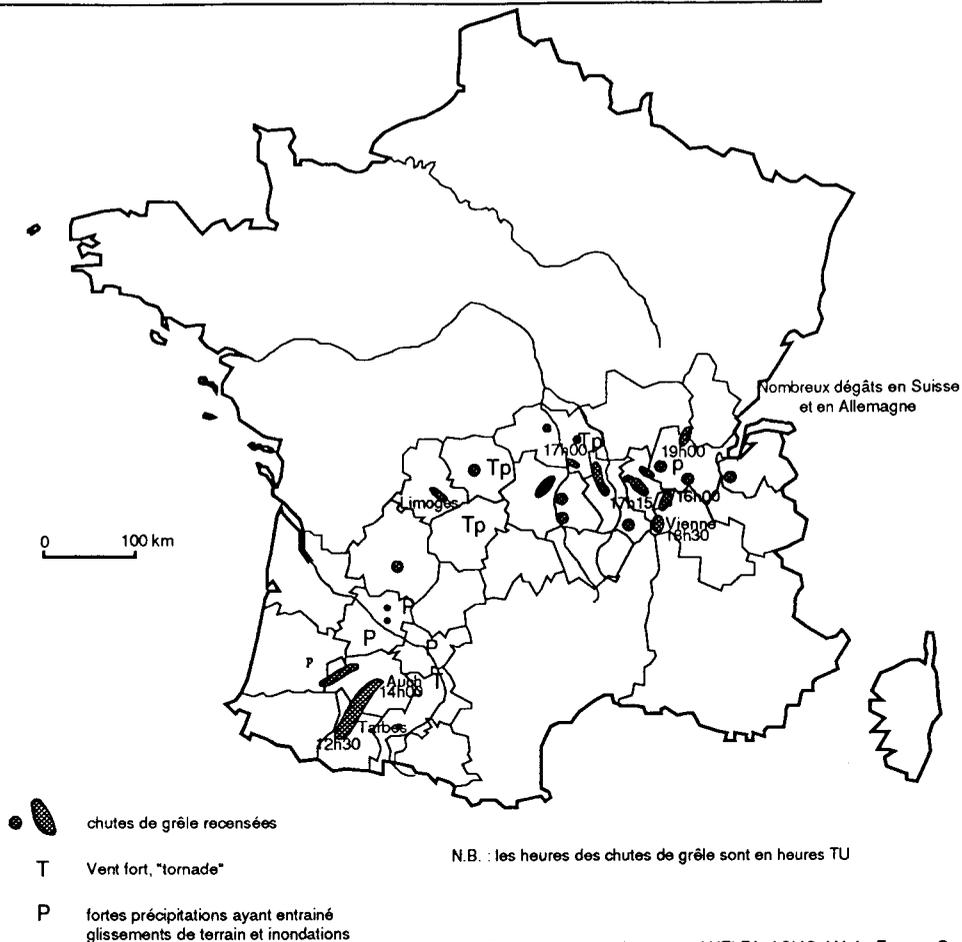
Il en est ainsi pour les dégâts agricoles. Malgré de fortes chutes de grêle dans le sud du Gers, la journée du 5 juillet 1993 n'apparaît pas comme un sinistre majeur dans les archives de Groupama, le sud du Gers étant une région d'élevage sans culture sensible à la grêle.

L'intensité des chutes de grêle est difficile à évaluer en dehors de toute mesure grêlimétrique comme nous l'avons souligné dans le chapitre précédent. Dans les Hautes-Pyrénées, les diamètres mesurés allaient jusqu'à 37 mm (énergie : 700 J.m^{-2}), 27 mm dans la Loire et 18 mm dans le Lot-et-Garonne. Il semble que ce soit en Rhône-Alpes que les plus gros grêlons soient tombés. La presse (*Progrès de Lyon*, 7/7/1993 p.6) mentionne des grêlons de 800 grammes soit près de 15 cm de diamètre (!) et des grêlons de la taille de "grenades", ce qui semble plus raisonnable. La destruction des toitures et les cuirs chevelus contusionnés sont les témoins de la grosseur exceptionnelle des grêlons.

1.1.1.2- Localisation des averses de grêle

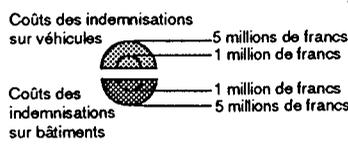
La localisation et le trajet des averses de grêle (carte 26) nous sont connus par le regroupement des diverses sources : grêlimétrie, assurances, presse... C'est dans le Sud-Ouest que les averses de grêle furent les plus précoces et celles dont le tracé est le plus visible. Les premiers grêlons tombent au sud de Tarbes vers 12 heures 30 TU. La cellule orageuse se propage vers le nord-nord-est à une vitesse d'environ 40 à 50 km.h⁻¹. Elle se résorbe au nord d'Auch vers 14 heures 15 TU. Une autre cellule, parallèle à celle-ci mais moins puissante, touche l'ouest du Gers. Au nord de la Garonne, les chutes de grêle sont sporadiques. Les plus gros dégâts sont dus à de forts abats d'eau (plus de 100 mm de pluie en quatre heures à Montclar et Montflanquin dans le Lot-et-Garonne) entre 15

Carte 26 - Localisation des principales averses de grêle le 5 juillet 1993

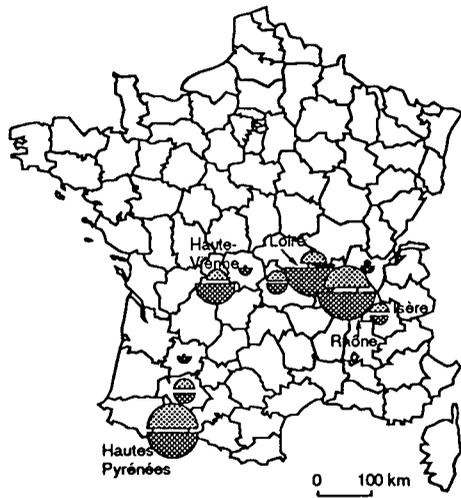


Carte 27 - Le coût de la grêle du 5 juillet 1993 pour la MAIF

Montant des indemnités versées (par département)



Source : MAIF

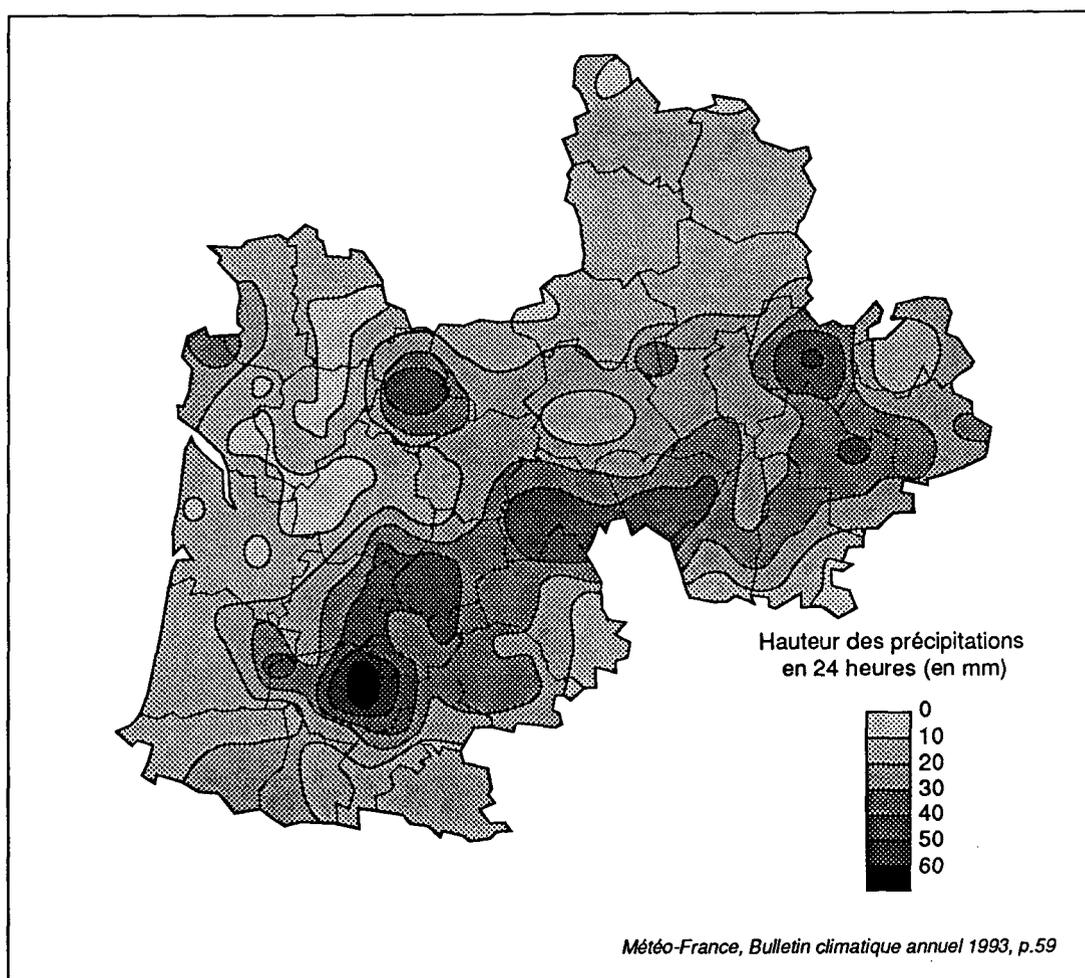


Conception et réalisation : F. Vinet

Cartes 26 et 27 - Les chutes de grêle du 5 juillet 1993 en France

heures et 19 heures TU. Limoges et la Creuse reçoivent des grêlons de 20 mm de diamètre.

En Auvergne et Rhône-Alpes, la situation est plus confuse. Le secteur de Thiers (63) subit des chutes de grêle (trois blessés, nombreux dégâts) mais c'est le couloir séquano-rhodanien qui a le plus souffert. Contrairement au Sud-Ouest, les trajets des cellules grêligènes y sont plus difficiles à suivre. Les trajectoires des averses sont apparemment moins longues et plus difficiles à déterminer. Il semble qu'il y ait eu plusieurs vagues d'orages : la première vers 16-17 heures TU (Lyon et Beaujolais) et la seconde vers 19 heures TU (Vienne, Villefranche-sur-Saône).



Carte 28 - Cumuls de précipitations le 5 juillet 1993 sur le sud-ouest et le centre-est de la France

Si l'on compare la carte des averses de grêle à celle des précipitations (carte 28), la coïncidence n'est pas nette. Les chutes de grêle sont en général accompagnées de forts abats d'eau, ce qui est le cas à Auch (87 mm de pluie), Limoges (57 mm), dans le

Rhône... Mais à Tarbes, les précipitations liquides furent relativement peu abondantes comparées aux fortes chutes de grêle. De même, dans le Lot-et-Garonne, les fortes pluies (plus de 100 mm en quelques heures), par ailleurs non mentionnées sur la carte des précipitations fournies par Météo-France, ne furent ponctuées que de chutes de grêle bénignes.

1.1.2- Localisation et évolution des masses nuageuses

Pour suivre l'évolution des masses nuageuses, nous utiliserons surtout les compositions nationales du réseau radar Météo-France. Ce dernier n'est pas strictement adapté à la détection de la grêle mais l'échelle d'analyse, assez fine, permet de distinguer les cellules orageuses. Nous pouvons repérer quelles sont les cellules orageuses, puisque nous connaissons au sol les espaces touchés par la grêle. Si toutes les plus fortes intensités pluviométriques ($> 50 \text{ mm.h}^{-1}$) ne sont pas des averses de grêle, les chutes de grêle au sol coïncident en temps et en lieu avec de fortes réflectivités pluviométriques sauf dans le cas de l'orage de Tarbes (ce qui ne manque pas de poser des problèmes de prévision comme nous le verrons). Les compositions radar (carte 29a à 29e) vont nous aider à suivre la formation et le déplacement des cellules dont nous savons, par leur trace au sol, qu'elles furent grêligènes¹⁴. La figure 13 synthétise l'évolution de la journée.

Globalement, deux systèmes nuageux semblent fonctionner indépendamment compte tenu des heures de déclenchement des précipitations : le premier dans le Sud-Ouest et le second Centre/Centre-Est.

* A 12 h 30 TU (carte 29a)

A la mi-journée, on identifie un front qui s'étire des Ardennes aux Pays de la Loire. La bande nuageuse qui l'accompagne est étroite et les précipitations peu intenses. Dans le Sud-Est (Drôme et Hautes-Alpes), quelques nuages orographiques bénins apparaissent. Enfin dans le Sud-Ouest, quelques cellules apparaissent dans les Pyrénées-Atlantiques et sur Tarbes. C'est précisément l'heure à laquelle les chutes de grêle s'abattent avec violence sur Tarbes. La cellule apparaît bien, mais les intensités pluviométriques estimées par le radar sont faibles ($< 30 \text{ mm.h}^{-1}$). Les témoignages des météorologues locaux relayés par la presse signalent que "au moment de sa formation, le nuage n'apparaissait pas sur l'animation satellite et il ne s'est matérialisé sur les écrans que lorsqu'il est passé

¹⁴ Des radars adaptés à la détection de la grêle (radars à bi-polarisation) ont été utilisés lors des expériences menées en France (Auvergne) ou en Suisse (Grossversuch IV). Pour la France, la référence en la matière est la thèse de Daniel Husson (1991). L'auteur y compare les réflectances radar avec la présence de grêle au sol.

sur Tarbes. Après on a pu suivre sa progression sur le Gers et le Lot-et-Garonne, mais il nous avait pris au dépourvu." (Le Sud/la Dépêche du Midi, 7/7/1993). Ce défaut de visibilité peut, pour le satellite, être dû au brouillage par d'autres nuages (des stratocumulus occupaient le ciel du piémont pyrénéen à ce moment-là). Pour le radar, le relief a pu jouer un rôle. Il se peut enfin que les grêles sèches comme ce fut le cas à Tarbes soient perméables au signal radar (Husson, 1991).

*** A 16 h 00 TU (carte 29b)**

A 16 heures, les masses nuageuses sont bien constituées et deux ensembles nuageux s'individualisent.

-Dans le Sud-Ouest, une masse nuageuse compacte centrée sur le Gers s'étend des Landes à la Haute-Garonne. Les maximums d'intensité pluviométrique ($< 50 \text{ mm.h}^{-1}$) s'étendent en arc de cercle de la Haute-Garonne au sud de la Gironde. Les plus fortes pluies ont alors lieu sur le Tarn-et-Garonne.

-Dans le centre de la France, le front froid a progressé vers le sud-est. A l'avant de ce front, en Haute-Vienne, Creuse et Allier, des foyers se développent.

-Enfin, dans la région Rhône-Alpes, trois gros foyers isolés touchent la Haute-Loire, Lyon et l'arrondissement de Roanne.

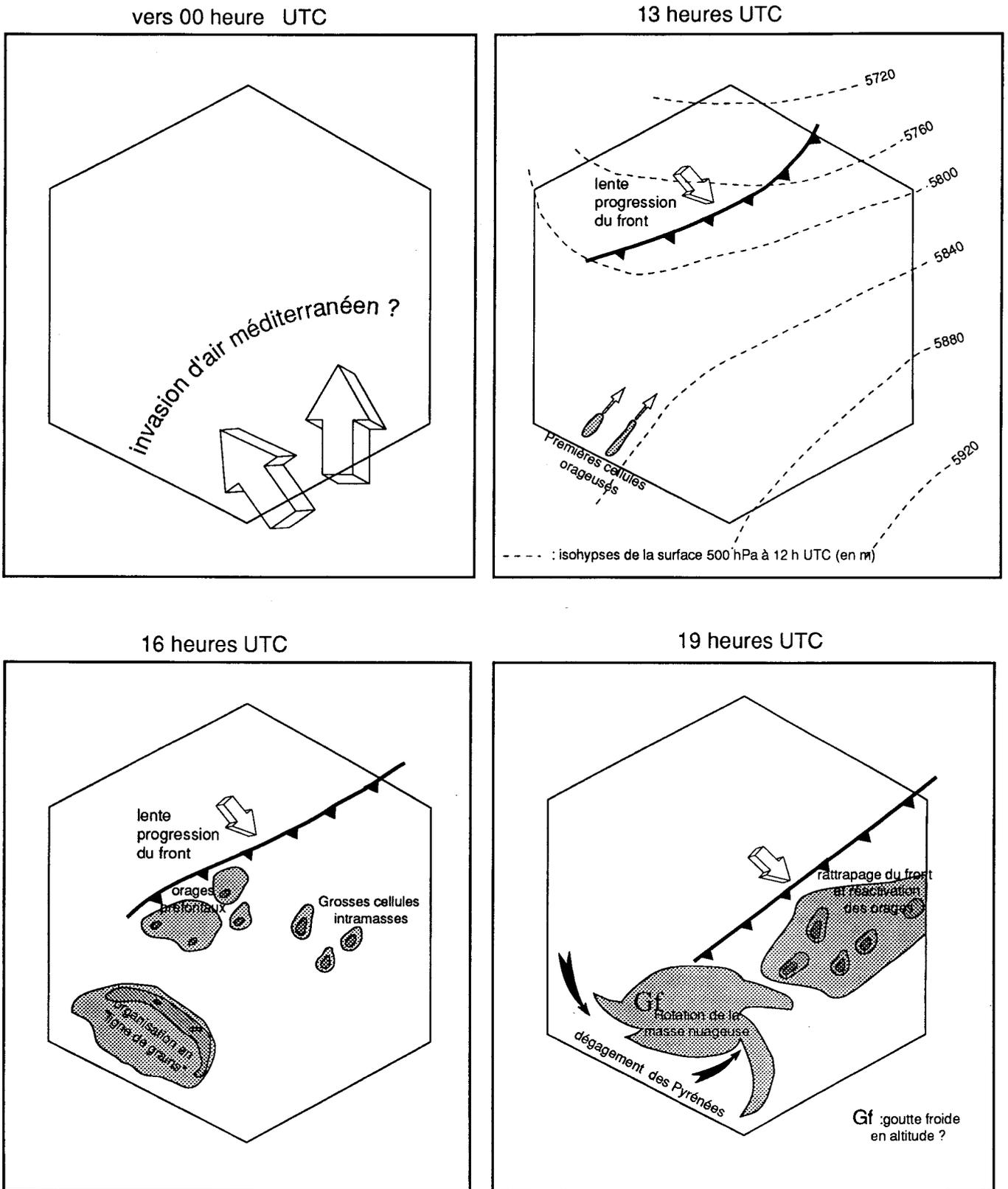
*** Vers 17 heures (carte 29c)**

La masse nuageuse du Sud-Ouest s'est déplacée vers le nord-est. Le piémont pyrénéen se dégage. Dans le centre de la France, la masse nuageuse préfrontale s'est décalé vers l'est. En Rhône-Alpes, les foyers grêlifères sont mélangés à une masse nuageuse compacte qui se prolonge en Suisse et dans le sud de l'Allemagne.

*** 19 heures et après (carte 29d et 29e)**

Les deux compositions radar de 19 heures TU et 19 heures 30 TU montrent une évolution originale des ensembles nuageux, en particulier dans le Sud-Ouest. On semble y déceler un enroulement de la masse nuageuse dans le sens dépressionnaire. En témoignent la disposition en bras de spirale des intensités pluviométriques les plus fortes (ne dépassent pas 30 mm.h^{-1}). Le centre dépressionnaire secondaire à l'origine de cette rotation serait situé sur l'est du Lot-et-Garonne. Le piémont pyrénéen se dégage de même que vers 19 heures 30 le Lauragais sous l'influence sans doute du vent d'ouest.

Dans le Centre-Est, l'ensemble nuageux préfrontal a rejoint et réactivé les cellules orageuses de Rhône-Alpes.



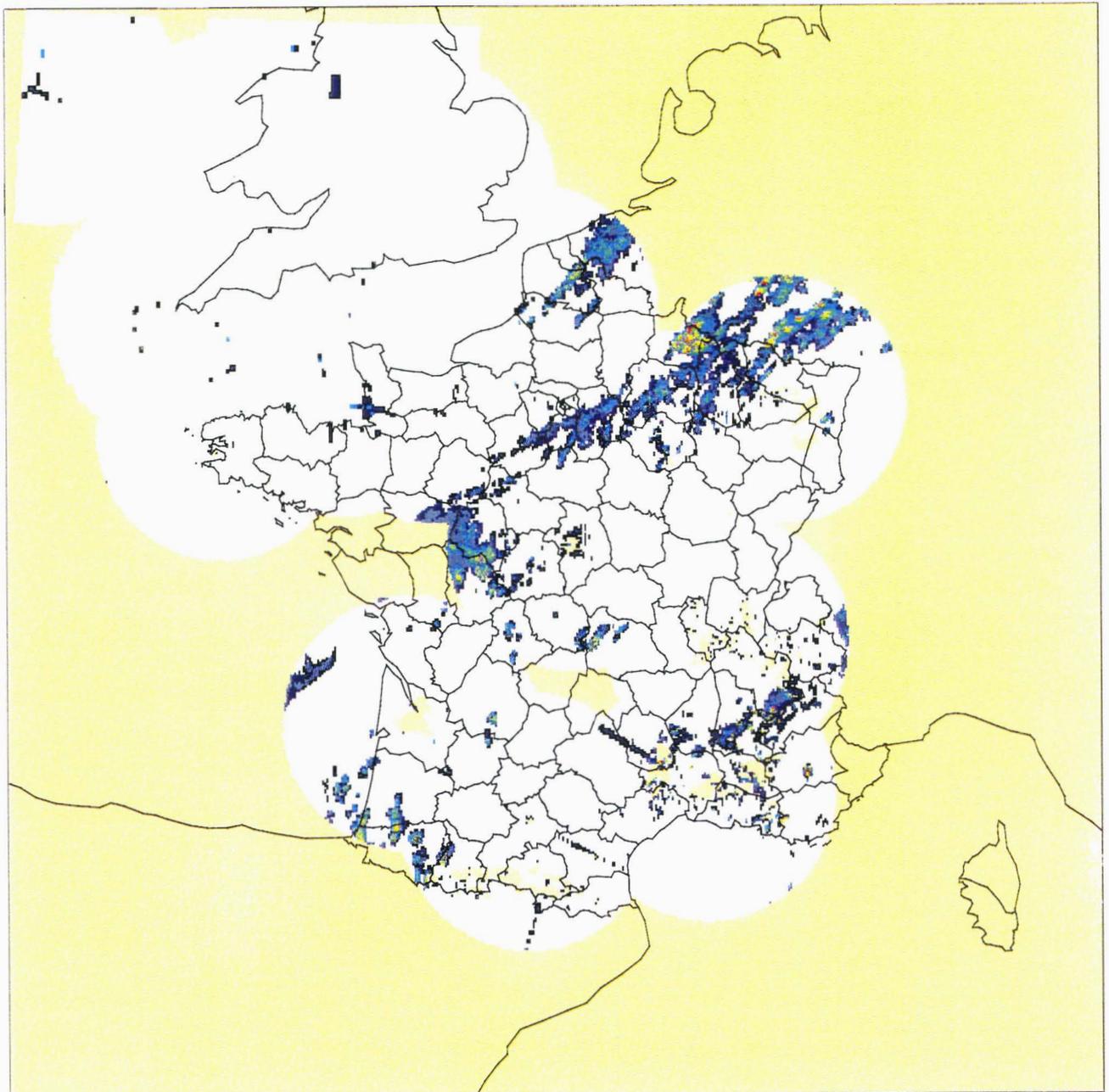
Conception et réalisation : F. Vinet

D'après documents Météo-France

Fig. 13 - Évolution de la situation météorologique sur la France le 5 juillet 1993

MOSAIQUE RADAR COMPLETE

le 05 / 07 / 1993 a 1230 UTC

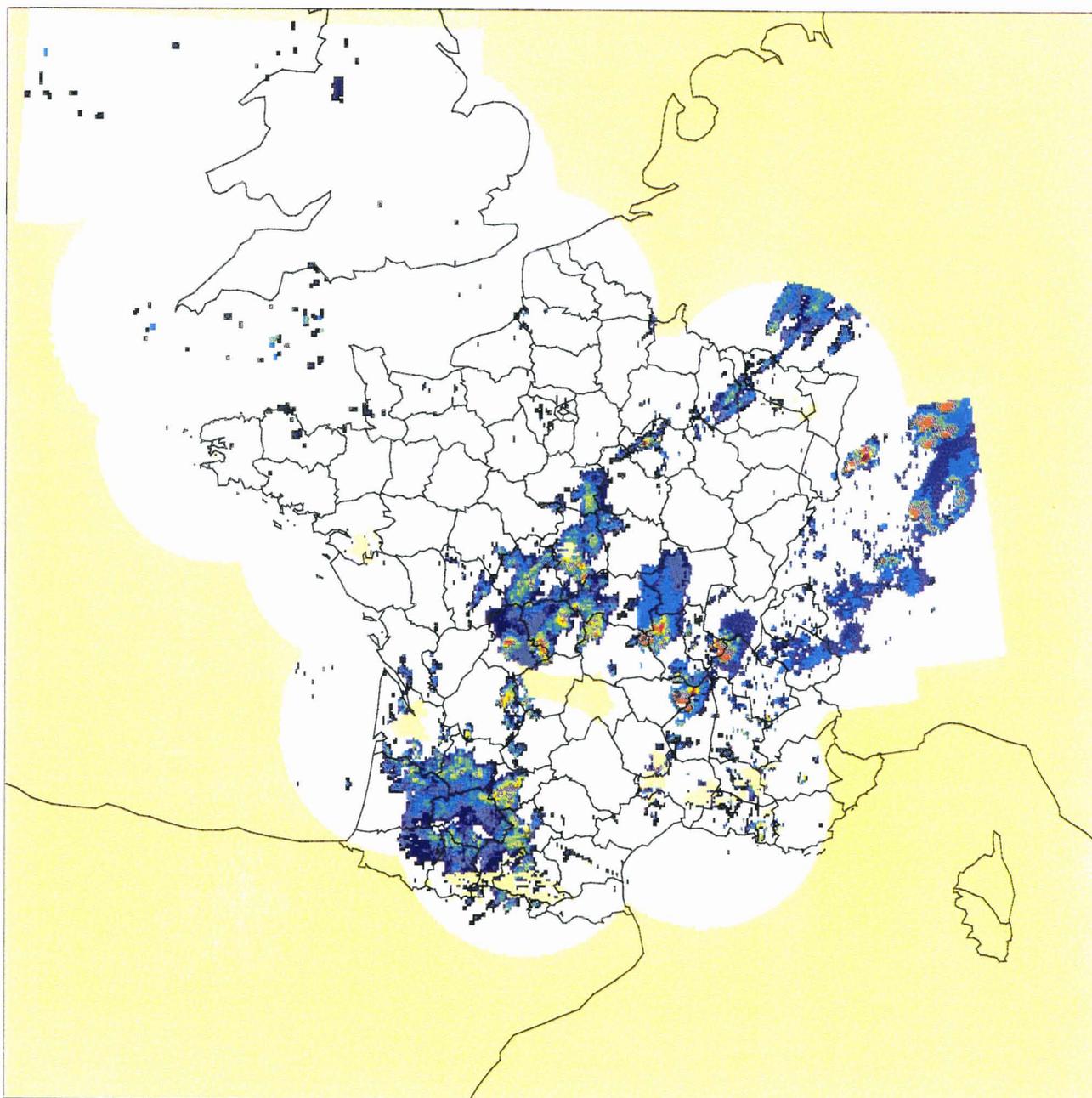


en mm par heure



MOSAIQUE RADAR COMPLETE

le 05 / 07 / 1993 a 1600 UTC

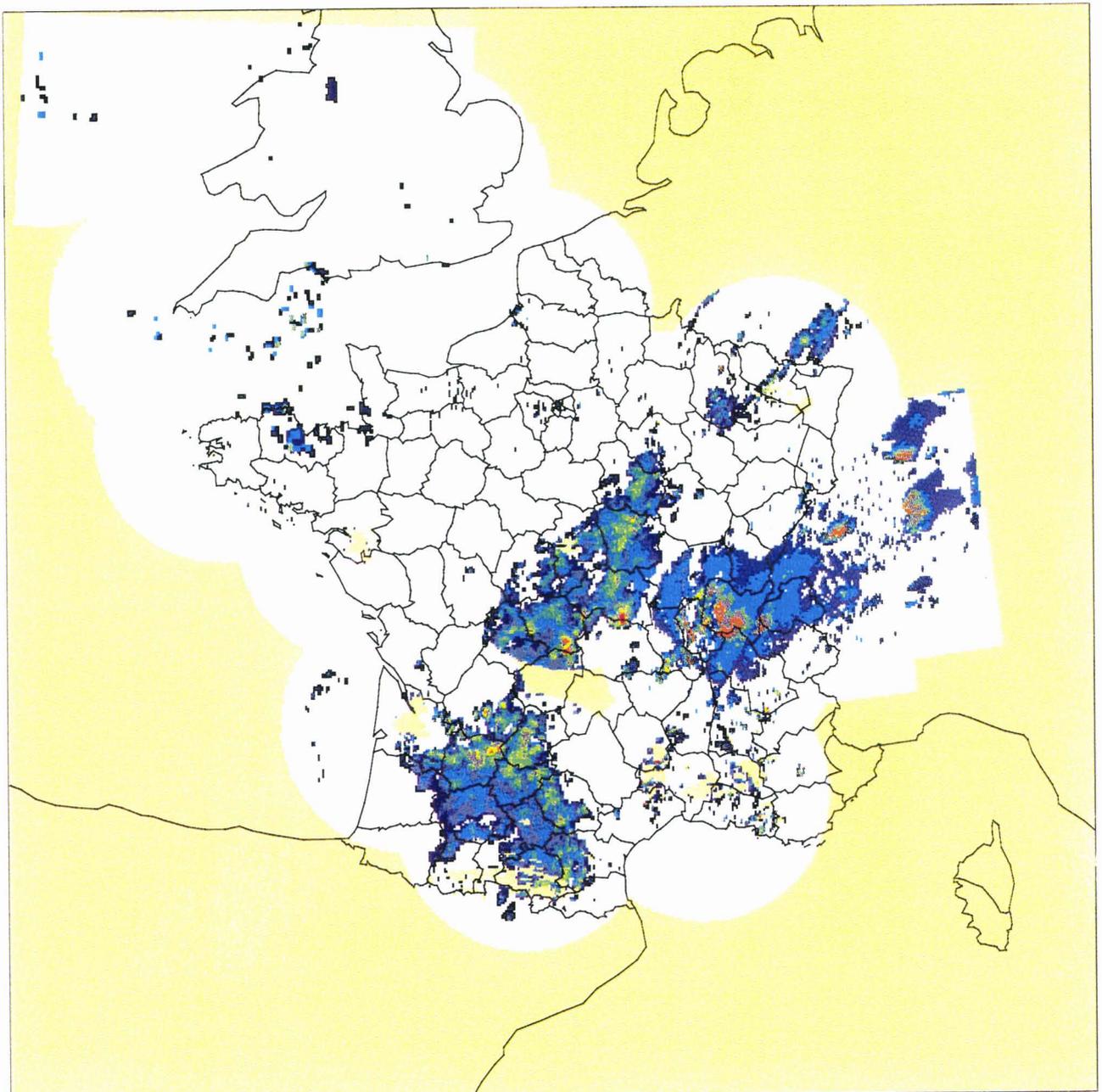


en mm par heure



MOSAIQUE RADAR COMPLETE

le 05 / 07 / 1993 a 1715 UTC

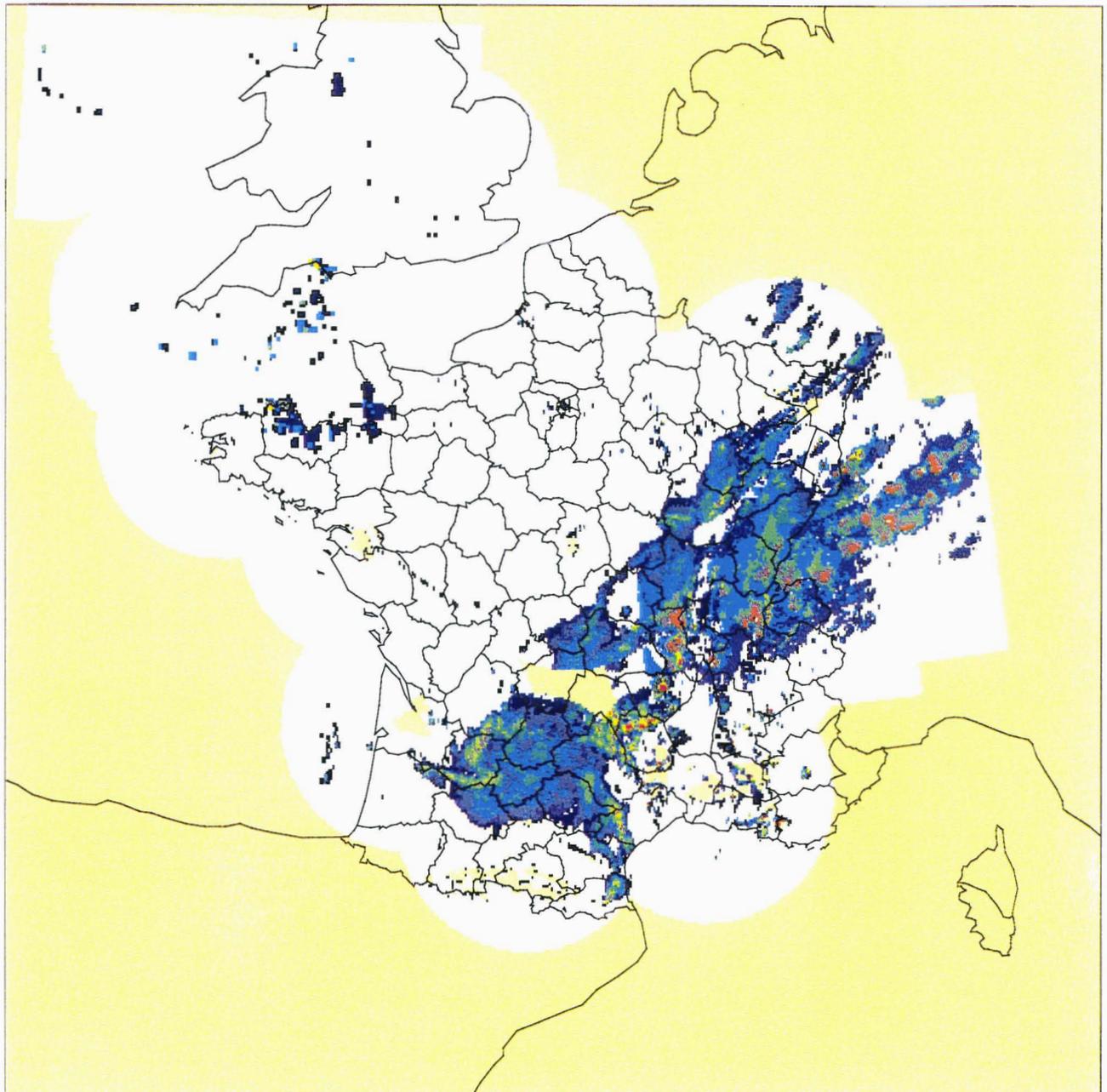


en mm par heure



MOSAIQUE RADAR COMPLETE

le 05 / 07 / 1993 a 1900 UTC

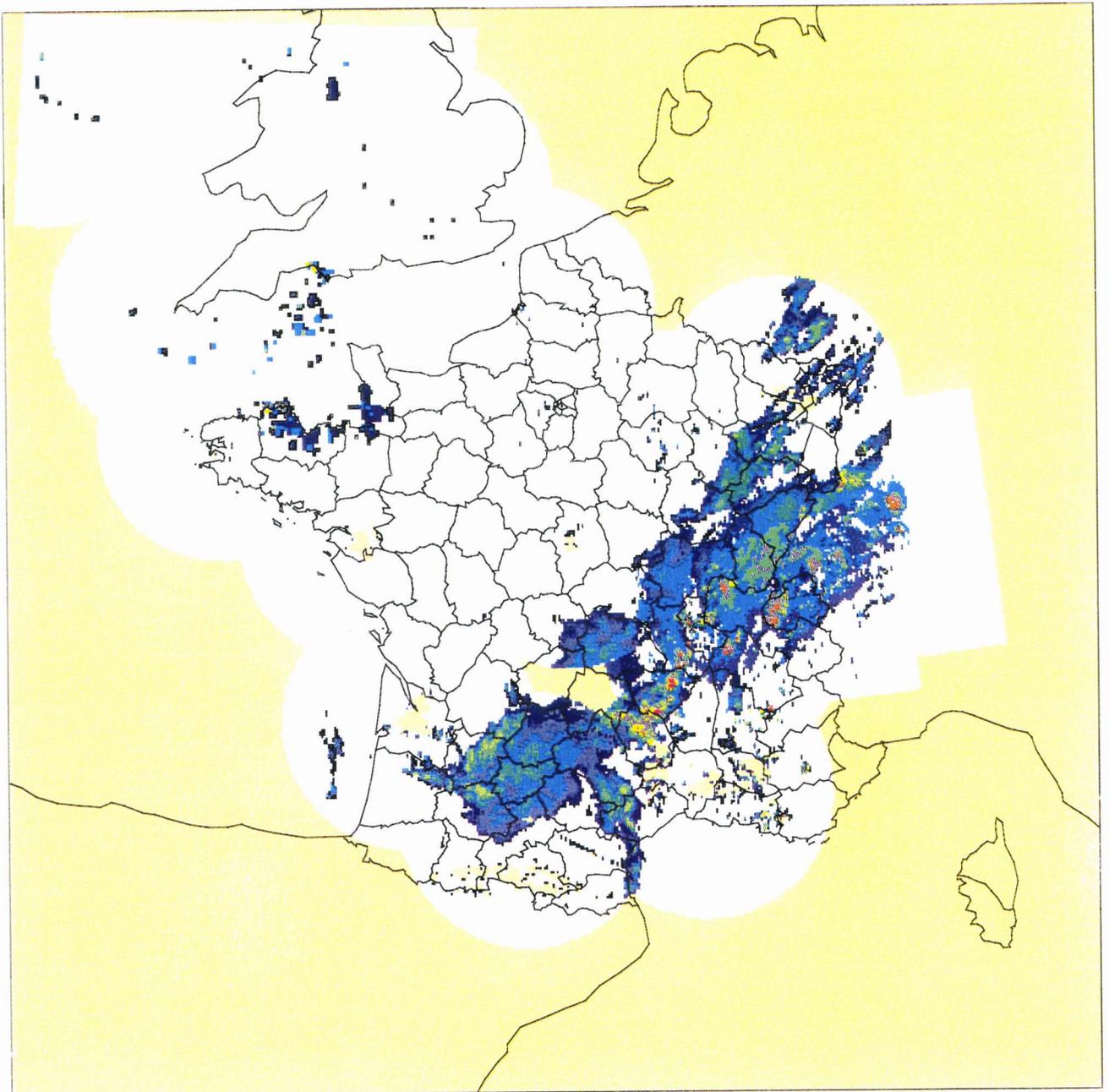


en mm par heure



MOSAIQUE RADAR COMPLETE

le 05 / 07 / 1993 a 1930 UTC



en mm par heure



1.1.3- Les explications synoptiques

Les explications d'une telle vague orageuse grêligène sont à chercher dans un assemblage complexe alliant une circulation en altitude relativement simple et une situation au sol plus complexe.

1.1.3.1- La situation en altitude

Elle est relativement classique pour une journée orageuse. A 12 heures TU, une crête chaude surplombe l'Atlantique (carte 31a). La circulation zonale d'ouest est rejetée sur l'Islande, le Royaume-Uni et la Mer Baltique. Une vallée froide se dessine sur le Golfe de Gascogne. Elle induit une circulation de sud-ouest assez forte sur la moitié sud de la France et l'Espagne. On ne peut pas parler de goutte froide car il n'y a pas cutting off (du moins à 12 heures, le 5 juillet). Cette invasion d'air froid a favorisé les ascendances comme le montre le profil trajectographique à 500 hPa (figure 14a). La particule d'air témoin a gagné 150 hPa en altitude en 2 jours. Sur le centre-est de la France, le contact entre le flux de sud-ouest et la circulation d'ouest provoque une convergence au niveau 500 hPa (carte 31a). Une crête chaude sur la Méditerranée occidentale protège le sud-est de la France et détourne les vents d'altitude vers la Suisse et l'Italie.

1.1.3.2- La situation en surface

Elle est plus confuse et *a priori* atypique.

A 0 heure, le 5 juillet 1993 (carte 30), l'anticyclone des Açores était remonté vers le nord, au large de l'Irlande. La pression est assez élevée sur la France (1020 hPa). Une sorte de dorsale s'étire vers les Balkans mais les isobares, assez espacés, rappellent l'incertitude du marais barométrique. Sur le littoral méditerranéen français, le vent de sud se dirige vers le Couloir rhodanien et le Lauragais.

Un front froid atténué descend sur le flanc est de l'anticyclone. Un autre front isolé circule sur le Pays basque espagnol et la Castille.

A 12 heures TU (carte 31b), l'anticyclone des Açores se maintient voire se renforce dans sa partie nord : l'isobare 1015 remonte vers l'Islande et la Norvège. Sur la France, la dorsale disparaît et est remplacée par un marais barométrique.

A 18 heures (carte 32), au coeur de l'activité orageuse, l'anticyclone s'est scindé, libérant une bulle anticyclonique qui s'installe sur la Grèce et les Balkans. Des

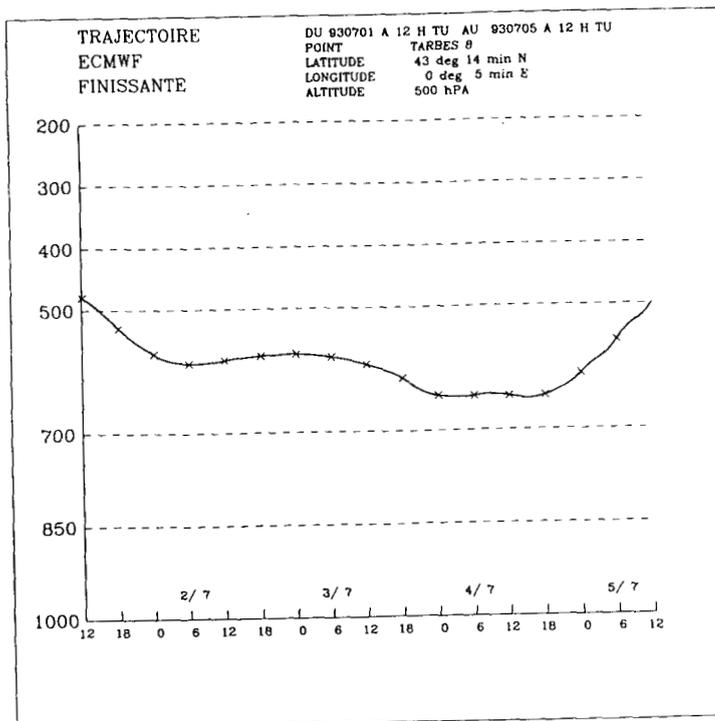


Fig. 14a - En coupe

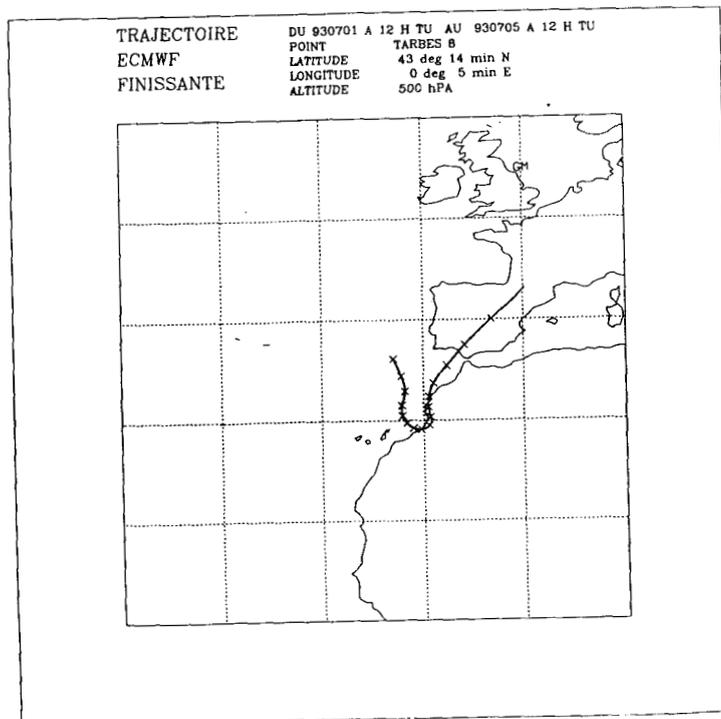
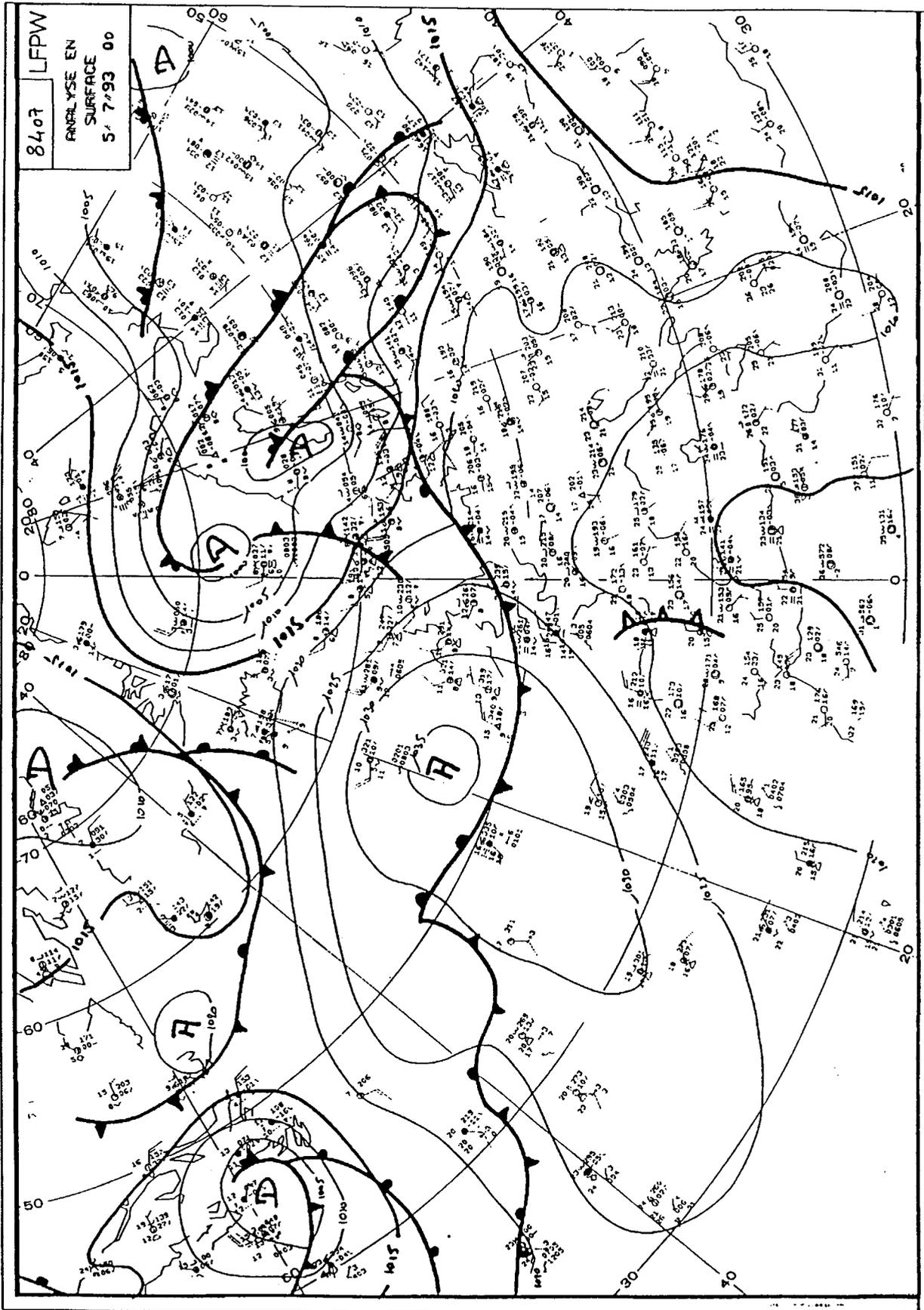


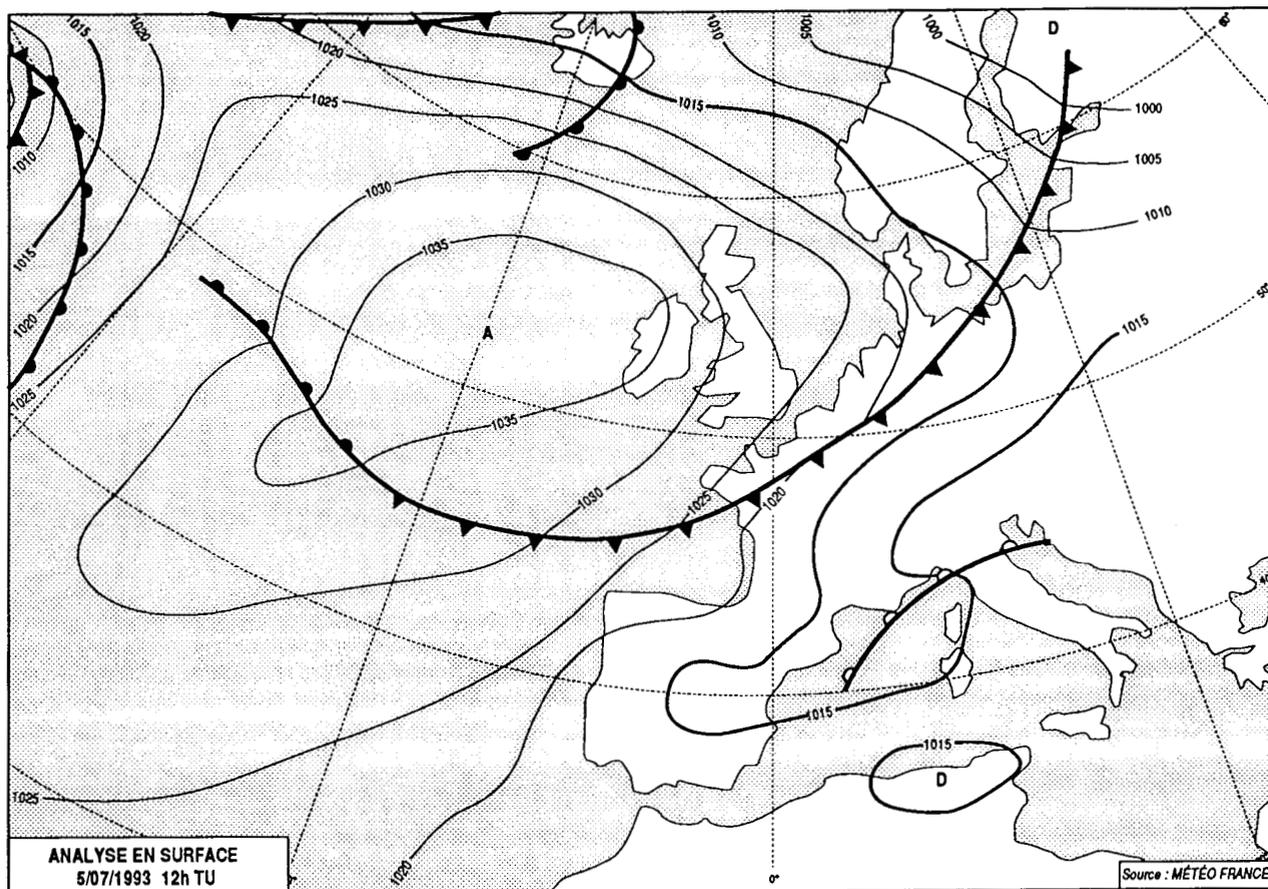
Fig. 14b - En plan

Fig. 14 - Trajectographie à 500 hPa arrivant à Tarbes le 5 juillet 1993 à 12 hTU

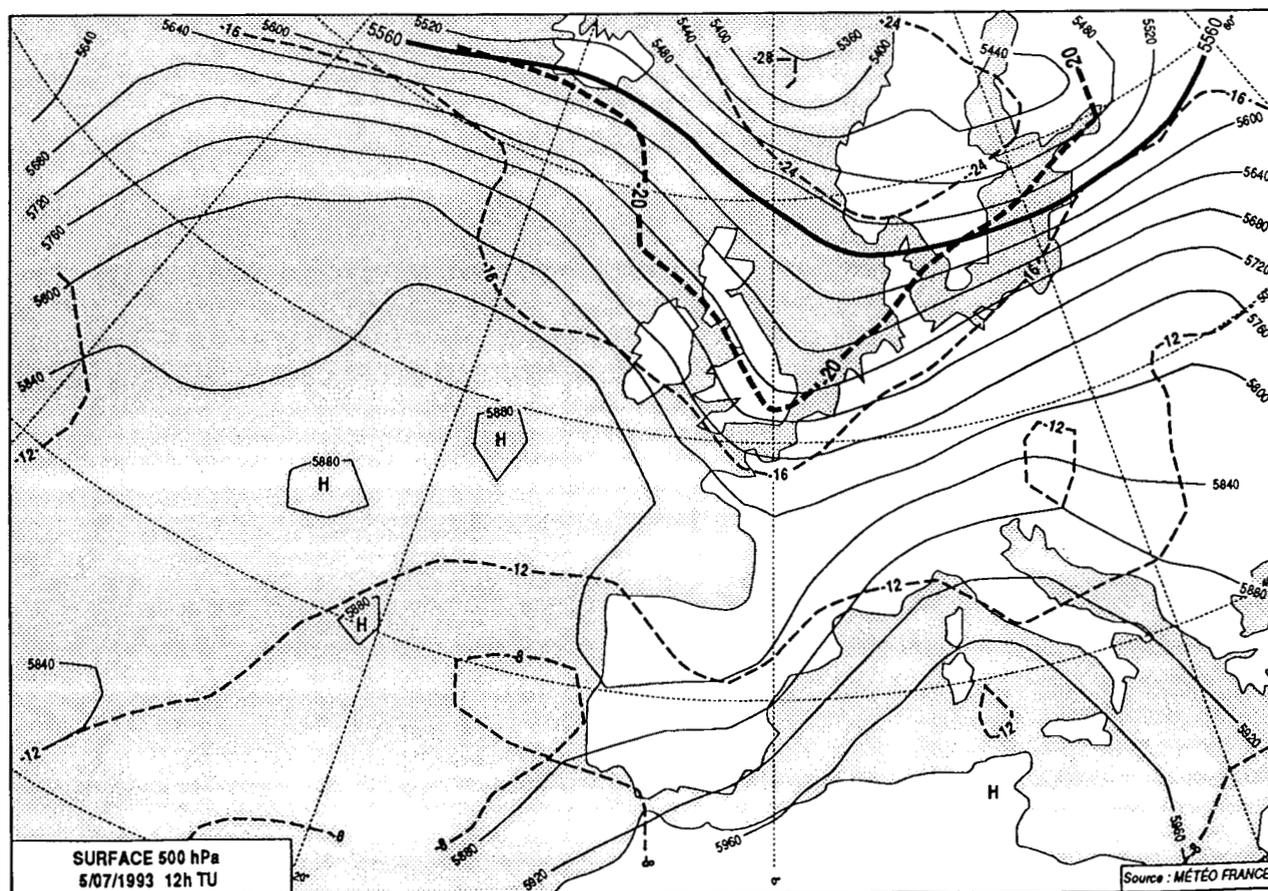


Carte 30 - La situation météorologique en surface le 5 juillet 1993 à 0 hTU

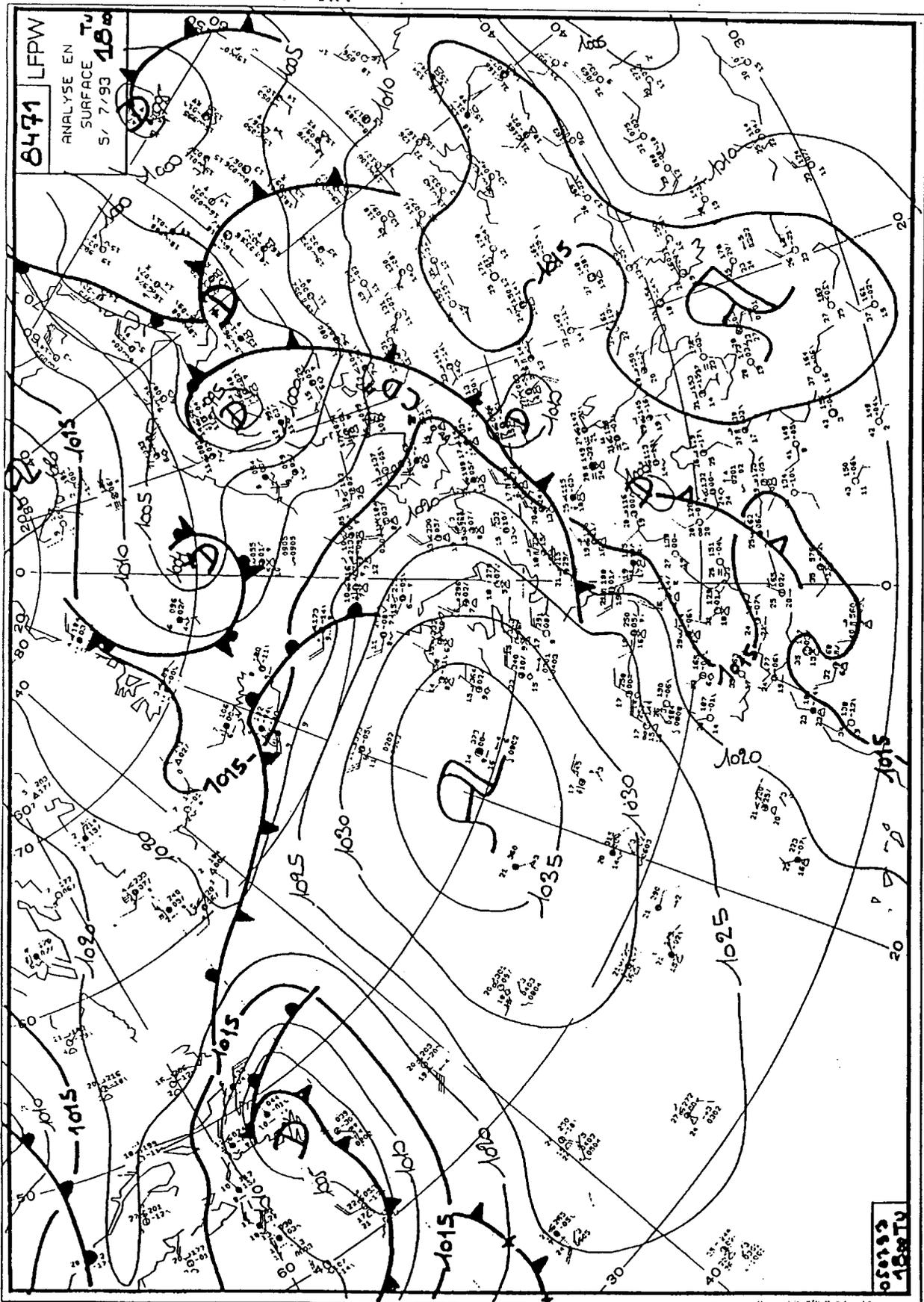
Météo-France



Carte 31a - Situation atmosphérique en surface le 5 juillet 1993 à 12 hTU



Carte 31b - Situation atmosphérique en altitude (500 hPa) le 5 juillet 1993 à 12 hTU



Carte 32 - La situation météorologique en surface le 5 juillet 1993 à 18 hTU

Météo-France

dépansions secondaires s'étendent en chapelet entre le Maroc et la Scandinavie. A signaler en particulier le creusement d'un minimum dépressionnaire sur le golfe du Lion qui relaie un front froid naguère sur le Pays basque.

1.1.3.3- Origine et circulation des masses d'air

Les radiosondages sont d'un secours limité. Ils sont en effet effectués à 12 heures TU soit plusieurs heures avant les orages dévastateurs. Par ailleurs, la fréquence des radiosondages (deux par 24 heures) n'est pas adaptée à l'étude dynamique des phénomènes orageux qui se déroulent sur de courtes durées¹⁵ (quelques heures parfois). Néanmoins, ils permettent de juger de l'instabilité de la masse d'air en général. A Nîmes, Bordeaux et Lyon, les couches moyennes et supérieures sont en instabilité sélective. Dans les niveaux inférieurs alternent les couches potentiellement instables et les couches stables. Sur le radiosondage de Nîmes à 12 h, un crochet de la courbe d'état entre 900 et 850 hPa montre même une subsidence de type anticyclonique. Nous possédons les données détaillées du radiosondage de Lyon à 12 hTU (figure 15.). Seul l'air près du sol est en instabilité absolue à cause du réchauffement diurne. Comme indiqué précédemment, les couches d'air en instabilité sélective alternent avec les niveaux stables (un niveau stable entre 950 et 900 hPa et un autre entre 750 et 700 hPa). Le point de condensation est à 850 hPa et le niveau de convection libre à 780 hPa. L'indice d'instabilité de Telfer¹⁶ donne une probabilité de déclenchement d'orage de 40 à 50 %. Le gradient thermique vertical fort est favorable mais les couches moyennes sont sèches (H.R. = 26 % à 700 hPa). Le gradient thermique vertical élevé s'explique par la présence d'air plus froid à partir de 700hPa bien visible sur le radiosondage (figure 15.). Lui succède à partir de 450 hPa (soit 6600 m) un air plus chaud et plus sec d'origine probablement saharienne (voir trajectographie finissant à Tarbes : figure 14b).

¹⁵ Les radiosondages sont parfaitement adaptés à l'étude des phénomènes liés à la circulation frontale à l'échelle européenne. Or, dans les phénomènes orageux interviennent des facteurs dynamiques d'échelle inférieure (100 km) indétectables par les seuls radiosondages.

¹⁶ Voir l'article de Sénési et Thepenier (1997) : "indices d'instabilité et occurrence d'orage : le cas de l'Ile de France" qui compare les différents indices d'instabilité utilisés pour la prévision des situations orageuses. L'indice d'instabilité de Telfer (Sénési et Thepenier, 1997 ; Triplet et Roche, 1986) est utilisé par la DIR Météo-France du Sud-Ouest. Il est d'après Sénési et Thépenier l'un des meilleurs indices de prévision des orages d'après-midi. Il donne à partir d'un abaque la probabilité d'occurrence d'orage en fonction de :

Y : gradient vertical de température $Y = (T_{850 \text{ hPa}} - T_{500 \text{ hPa}})$

X : Somme des écarts entre la température et la température du point de rosée à 700 et 600 hPa : $X = (T_{700 \text{ hPa}} - T_{d 700 \text{ hPa}}) + (T_{600 \text{ hPa}} - T_{d 600 \text{ hPa}})$. C'est un indicateur de l'humidité de basses couches.

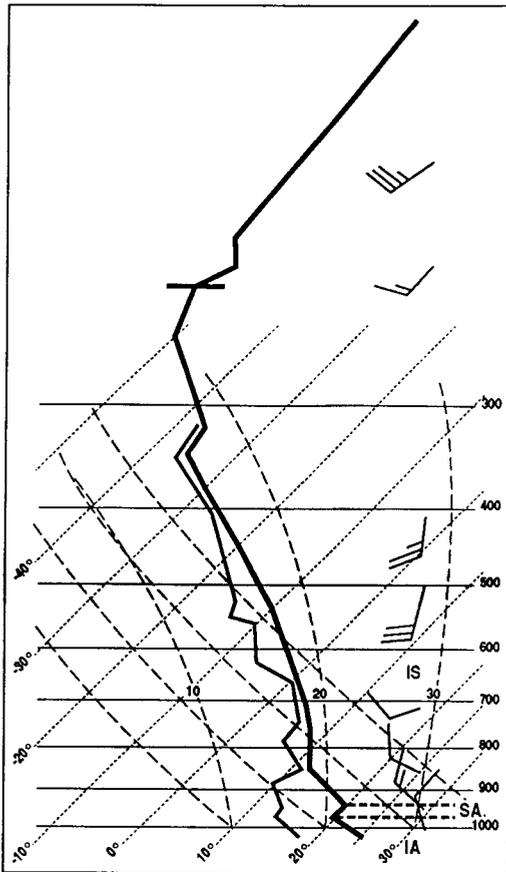


Fig. 15a - Radiosondage de Bordeaux (12 hTU)

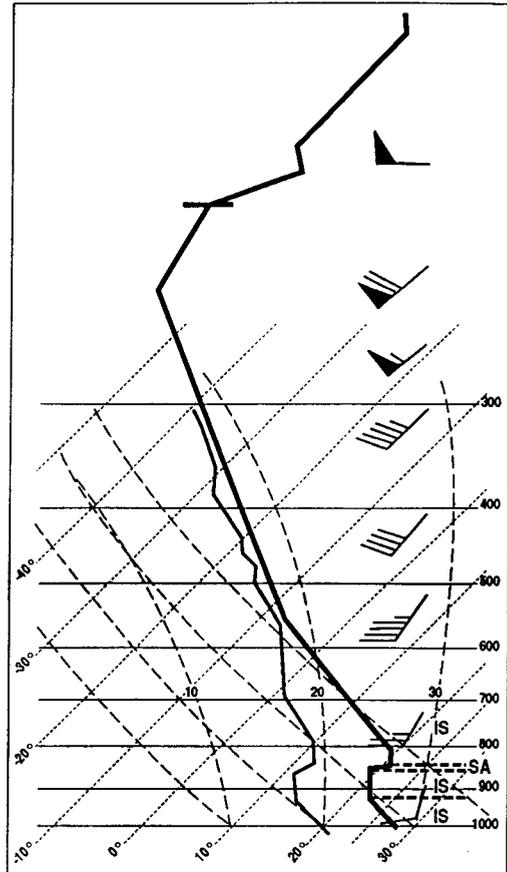


Fig. 15b - Radiosondage de Nîmes (12 hTU)

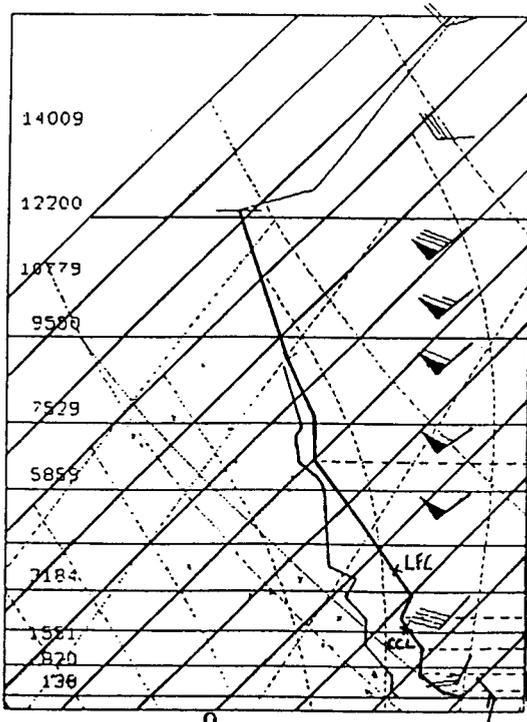


Fig. 15c - Radiosondage de Lyon (12 hTU)

SA : stabilité absolue
I.R. : instabilité relative
I.A. : instabilité absolue

Indice de Telfer Lyon, 5/7/93, 12 hTU

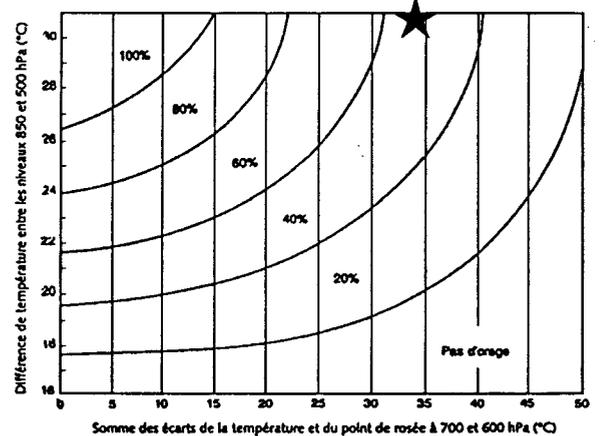


Fig. 15 - Radiosondages à 12 heures TU le 5 juillet 1993 à Bordeaux, Nîmes et Lyon

En altitude, les trajectographies mettent en évidence l'origine saharienne de la masse d'air. Le niveau 500/600 hPa est déterminant dans la formation et le trajet des orages. Lors des jours précédant le 5 juillet 1993, les masses d'air ont stagné au sud du Maroc pendant deux jours (où elles ont pu emmagasiner des poussières silicatées) avant de se diriger vers le nord-est dans un flux de plus en plus rapide. J. Dessens et Pham Van Dinh (1990) ont déjà montré que les fortes chutes de grêle dans le sud-ouest de la France coïncident souvent avec des retombées de poussières sahariennes. La remontée de la particule d'air de 650 à 500 hPa dans les 20 heures qui ont précédé l'orage de grêle prouve l'instabilité *sui generis* de la masse d'air. La thermoconvection ne vient que renforcer cette instabilité. Cette remontée des particules dans les heures précédant l'orage se retrouve dans presque toutes les situations à grêle et dans les mêmes proportions (montée régulière de 150 hPa en une vingtaine d'heures environ).

En basses couches (900 hPa), le trajet des masses d'air est fort différent et les trajectographies (figure 16a et b) mettent en évidence une stagnation des masses d'air. En prenant Tarbes pour point d'arrivée, les modèles attestent de la stagnation (voire la rotation, sous l'influence des brises ?) des masses d'air de basses couches autour des Pyrénées en restant à proximité des masses océaniques. Là aussi, l'origine autochtone des masses d'air est avérée dans bon nombre de situations à grêle.

Le Sud-Ouest possède un fonctionnement aérologique particulier. Comme l'a déjà souligné Jean-Pierre Vigneau (1990 a et b), le Sud-Ouest est fortement ouvert aux influences "océanisantes". Le radiosondage de 12 heures TU à Bordeaux ce 5 juillet 1993 (figure 15.) révèle une complexité de la structure verticale de l'atmosphère qu'on ne retrouve pas sur les radiosondages de Nîmes (figure 15) ou de Lyon. Dans ces deux derniers, toute la coupe verticale fait apparaître des vents de secteur SW sauf au ras du sol où la topographie peut induire des changements de direction (vent de SE à Lyon à 1000 hPa). A Bordeaux, la succession verticale des vents est toute autre. De 0 à 3000 mètres d'altitude, le vent est modéré (10 à 15 noeuds) ; il pivote du NNW (au sol) vers l'ouest (à 3000 m). Entre 4000 et 7500 m, le vent se renforce (30 noeuds) et s'oriente au sud-ouest avant de tourner à l'est au-delà de 9000 mètres d'altitude. Ces cisaillements sont propices à la formation d'orages de grêle comme nous l'avons signalé plus haut, mais on ne note pas de vents particulièrement violents (qui seraient eux aussi favorables au développement des cumulonimbus) comme sur Nîmes ou Lyon où les vents atteignent 50 noeuds à 500 hPa. Ces vents d'ouest en basses couches océanisent la masse d'air sur l'Aquitaine. Jusqu'à presque 4000 mètres d'altitude, de nombreux cisaillements affectent la structure verticale de l'atmosphère. Outre la présence d'une couche stable vers 200 à 300 m d'altitude (résidus de l'inversion nocturne ?), le reste de la masse d'air est en

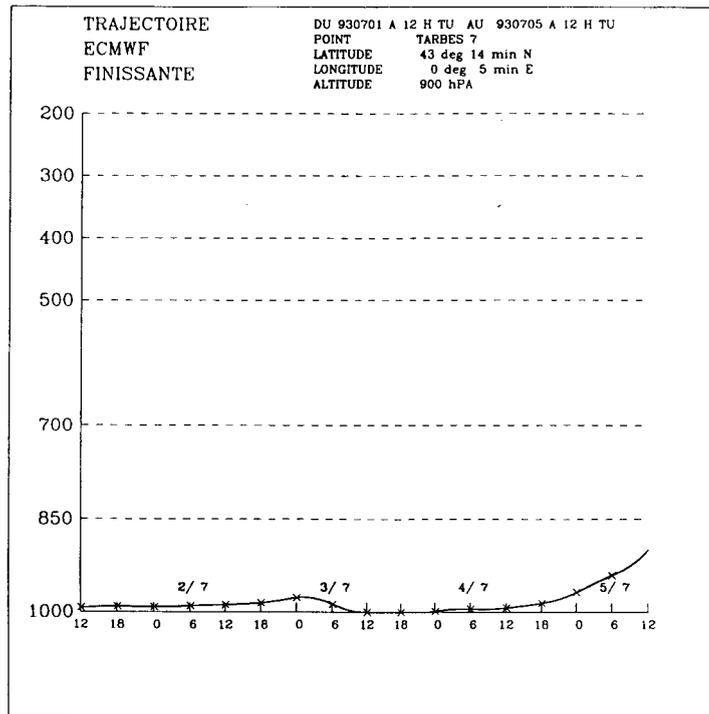


Fig. 16a - En coupe

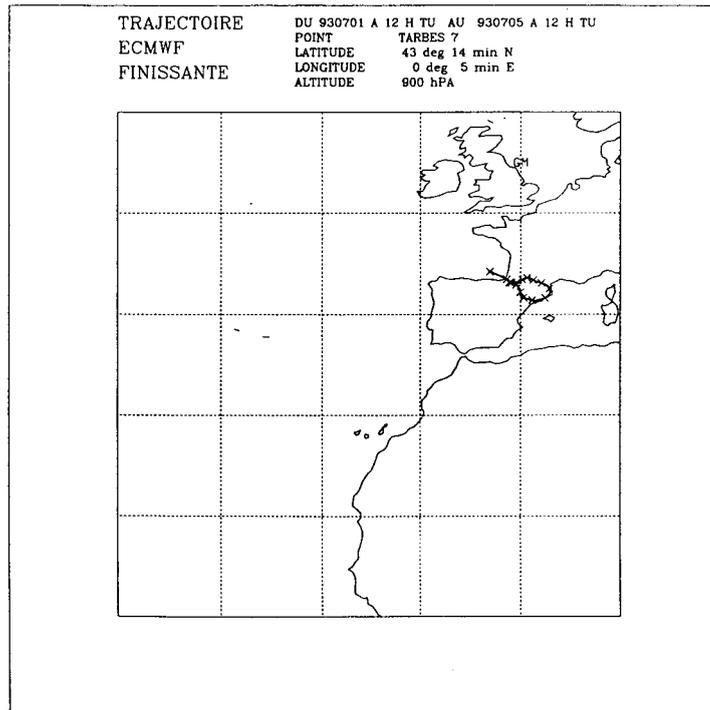


Fig. 16b - En plan

Fig. 16 - Trajectographie à 900 hPa arrivant à Tarbes le 5 juillet 1993 à 12 hTU

instabilité sélective mais proche de la saturation. En l'absence d'autres radiosondages, il est difficile d'évaluer le rôle de ces entrées d'air océanique en Aquitaine dans le déclenchement ou l'alimentation des foyers orageux.

Le deuxième fait original dans le Sud-Ouest est l'évolution des masses nuageuses, apparemment indépendante du front qui descend par le nord-ouest. Les images radar montrent la compacité de l'ensemble nuageux et l'organisation des plus fortes intensités pluviométriques en "fronts" formant les bras d'un mouvement tourbillonnaire cyclonique. On retrouve de fortes similitudes avec la situation des 7 et 8 juillet 1977 étudiée par R. Lambert et J.P. Vigneau (1981). A propos de ces deux journées marquées par de forts abats d'eau dans le Sud-Ouest, les auteurs signalent que "vouloir faire fonctionner ici encore le "modèle norvégien" n'est guère soutenable...il est très certainement inadapté à des systèmes de cette échelle et de cette vigueur" (1981, p. 18). Ils expliquent par ailleurs clairement la permanence des précipitations par la stagnation et la rotation du front sur l'Aquitaine. Dans le cas de la journée du 5 juillet 1993, la rotation se met en place vers 16 heures 30 TU après qu'une "ligne de grain" (un front peut-être mais qui n'est pas signalé sur les cartes) a traversé le Sud-Ouest. Cette rotation de la masse nuageuse centrée sur le Lot-et-Garonne entraîne le dégagement du piémont pyrénéen. Mais au vu des documents (imprécision des cartes d'altitude), il n'est pas possible de dire si cette disposition particulière est due à un fonctionnement aérologique spécifique du Sud-Ouest où si elle est le reflet de conditions synoptiques particulières (mini-goutte froide en altitude).

Pour les autres régions et en particulier l'est du Massif central et la région Rhône-Alpes, l'originalité de la circulation en basses couches est plus difficile à saisir sur cette journée. L'alimentation à la base par de l'air humide méditerranéen n'est pas clairement établie dans la journée du 5 juillet 1993. En revanche, les cartes d'analyse de surface à 0 heure (carte 30 ci-dessus p.153) le 5 montrent une advection d'air méditerranéen à Toulouse, Clermont-Ferrand, Marseille et même en Suisse ce qui n'est pas franchement confirmé par les radiosondages de 0 heure TU à Nîmes et à Lyon. En tout cas, sur la seule foi des cartes en surface de 0 heure, on observe que c'est l'espace envahi dans la nuit par de l'air méditerranéen en basses couches (figure 13 ci-dessus p.145) qui a connu des orages violents et des chutes de grêle (Sud-Ouest, centre et centre-est de la France, Suisse). Il se pourrait, mais les données nous manquent pour le prouver de façon irréfutable, que ce stock d'air humide et chaud (25° C à Marseille à 0 heure le 5 juillet) réactivé par la thermoconvection journalière ait alimenté les orages, sans savoir si son rôle a été déterminant ou seulement annexe.

Conclusion sur la journée du 5 juillet 1993

Cette journée a été exceptionnellement grêlifère (plus de 8 gros orages grêligènes recensés, 15 départements touchés par la grêle et plusieurs centaines de millions de francs de dégâts). La grêle a sévi dans une bande allant du sud-ouest de la France à la Suisse en passant par le Limousin et le Massif central. Parmi ces régions, deux ont été particulièrement atteintes par la grêle : le Sud-Ouest et la région lyonnaise. Ce sont les deux régions où les flux de sud-ouest en altitude y règnent le plus longtemps. En fait, trois systèmes nuageux donnant trois types d'orages se sont succédés ou juxtaposés dans les différentes régions.

* Dans le Limousin, il n'y a eu qu'une vague de chutes de grêle immédiatement avant le passage du front. Ces orages préfrontaux désertent rapidement la région et les fortes intensités pluviométriques estimées par les radars s'estompent vers 17 heures TU.

* Dans la région Rhône-Alpes, les deux vagues de grêle correspondent respectivement à des orages intramasses dans l'air chaud et des orages préfrontaux réactivés par l'arrivée du front. Cette double vague explique le nombre d'orages et l'ampleur des dégâts dans un périmètre englobant les départements de la Loire, le Rhône et une partie de l'Ain et de l'Isère.

* Dans le Sud-Ouest, la circulation des orages semble moins liée à l'arrivée du front. La progression sud-nord de la ligne d'orage partant des Pyrénées est stoppée par l'enroulement des masses nuageuses. Les précipitations d'abord de grêle sèche près des Pyrénées se transforment en forts abats pluvieux plus au nord (vallée de la Garonne). Cet exemple met en évidence une nouvelle fois l'originalité météorologique du Sud-Ouest.

La situation en altitude telle que la présentent les documents est relativement simple et typique d'une situation orageuse d'été en France. Toutefois, il est probable qu'à une échelle plus fine la situation soit plus complexe et fasse la part belle à des phénomènes régionaux comme l'installation d'une goutte froide secondaire sur la Gascogne ou le pays Basque. Cette goutte froide renforce le flux de sud-ouest sur le Sud-Ouest intérieur et le centre de la France. Sa présence explique aussi pourquoi les Charentes sont peu touchées par la grêle par rapport au Sud-Ouest.

Au sol, la situation (front descendant des Iles Britanniques, anticyclone des Açores proche de la France) n'est pas franchement typique. Elle pose le problème du rôle des basses couches dans l'élaboration des phénomènes convectifs. Ce rôle n'est-il que secondaire, venant en appoint d'une circulation en altitude déjà déterminante ou peut-il

initier véritablement des processus convectifs grêligènes ? L'analyse de quelques autres cas pourra nous éclairer.

1.2- La séquence grêligène de la fin juillet 1994

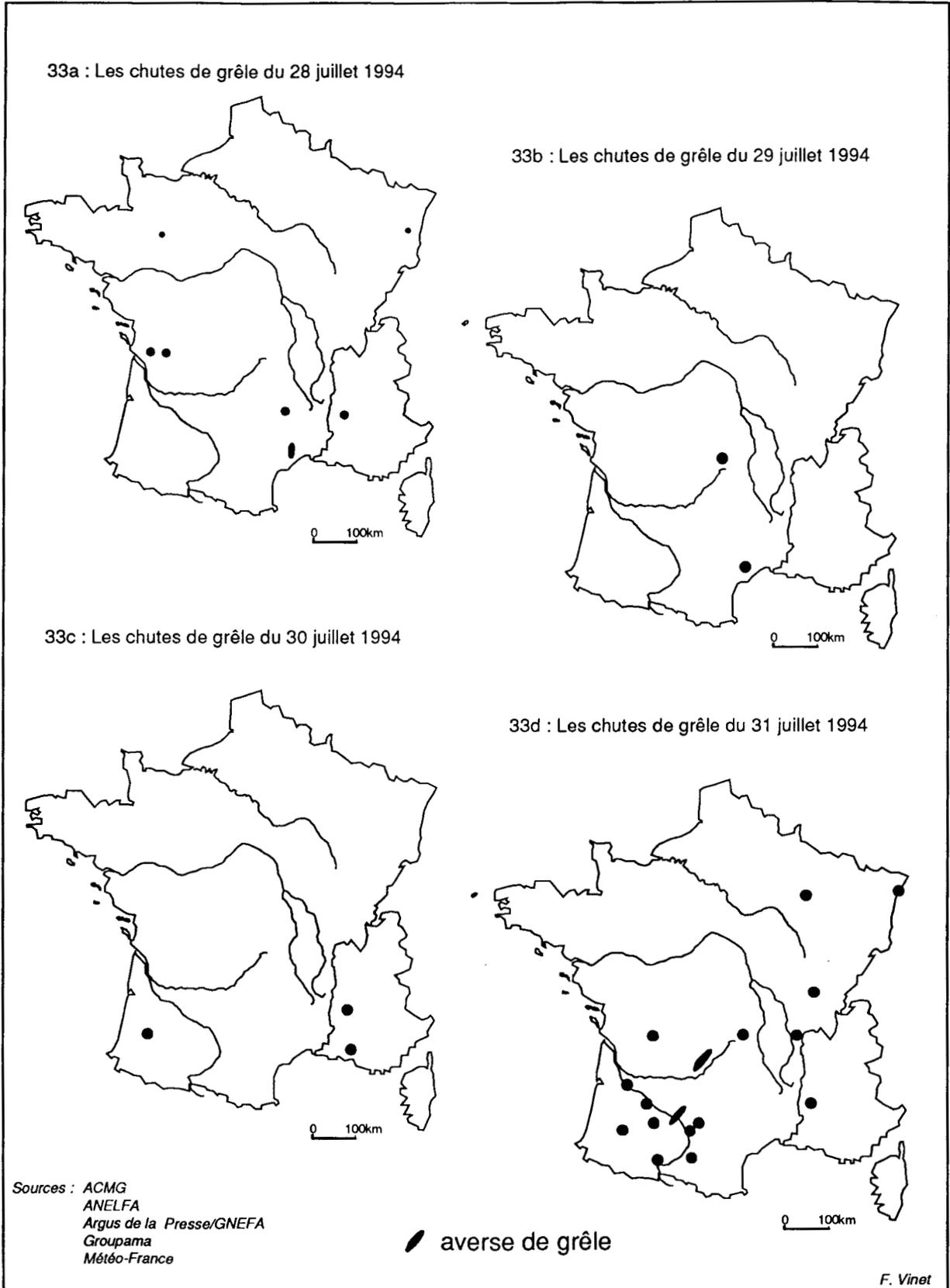
Les séquences grêligènes sont nombreuses. On appelle séquence grêligène, plusieurs jours consécutifs avec chute de grêle en France. Ces séquences correspondent à un flux de sud-ouest ininterrompu. Mais les chutes de grêle ne sont pas uniformément réparties sur tous les jours de la séquence. Certains jours les chutes sont éparées, d'autres beaucoup plus intenses.

1.2.1- La répartition journalière de la grêle en France du 28 au 31 juillet 1994

La France a été touchée par la grêle quatre jours consécutifs (carte 33, tableau 26). Le 28 juillet, les chutes sont assez nombreuses mais ne touchent pas le Sud-Ouest. Les chutes des 29 et 30 juillet touchent surtout le sud et le centre de la France. Le 31, les averses de grêle touchent pratiquement toute la France sauf le Nord-Ouest. Il convient donc d'expliquer les différences journalières dans l'activité grêligène et la localisation des averses de grêle.

Tableau 26 - Averses de grêle et phénomènes associés aux orages du 28 au 31 juillet 1994

	le 28 juillet	le 29 juillet	le 30 juillet	le 31 juillet
La grêle	*Chutes assez fortes dans l'Hérault et en Haute-Loire *Chutes modérées en Charentes *chutes éparées en Alsace	Chutes faibles et ponctuelles dans l'Hérault et le Puy-de-Dôme	Chutes modérées dans les Bouches-du-Rhône et l'Allier	*Fortes chutes en Corrèze *Chutes modérées à fortes dans tout le SW *Chutes faibles et ponctuelles dans le Couloir rhodanien et le Nord-Est
Autres phénomènes liés aux orages	Forte activité électrique			fortes pluies



Cartes 33 - La séquence grêlifère du 28 au 31 juillet 1994

1.2.2- L'évolution de la situation en altitude (500 hPa) (carte 34b à 38b)

Le 27 juillet (carte 34b - toutes nos cartes sont de 12 heures TU-), une crête chaude protège la France. De l'air froid tente de descendre sur le centre de l'Atlantique nord.

Le 28 juillet (carte 35b), la crête chaude s'est scindée : une cellule de haut géopotential se décale vers la Russie tandis que s'affaisse la cellule nord-africaine. Ce retrait vers le sud de la cellule de hautes pressions provoque une divergence des vents en altitude. Un léger flux de SW s'installe sur la France. La descente d'air froid se confirme sur le proche Atlantique mais elle est mal structurée (pas de vallée nettement établie).

Le 29 juillet (carte 36b), peu de changement si ce n'est que la goutte d'air froid (-14°C à Bordeaux à 12 heures TU à 500 hPa contre -11°C à Brest) se déplace lentement vers l'est.

Le 30 juillet (carte 37b), le creusement d'une vallée froide sur le proche atlantique structure le flux de sud-ouest sur l'Europe de l'Ouest. Faible gradient et légère divergence sur la France.

Le 31 juillet (carte 38b), le flux de sud-ouest est bien établi sur la France sans être puissant (25 noeuds). Un thalweg prolonge le minimum islandais jusque sur le Golfe de Gascogne amenant de l'air froid (-16°C) en altitude. L'effet de blocage provoqué par la permanence d'une crête chaude sur l'Europe de l'est a contribué à orienter le flux au sud-ouest sur l'Europe de l'ouest.

1.2.3- Comparaison des situations en surface (figure 35a à 38a)

Le 28 juillet (carte 35a), les chutes ont lieu dans le Nord-Ouest et les Charentes. Elles accompagnent un front qui se déplace en surface mais qui perd de son efficacité en se heurtant aux hautes pressions vers l'est. L'activité orageuse reprend dans le sud et l'est de la France en fin d'après-midi. Les images satellitaires montrent que des masses nuageuses convectives circulent de l'Espagne à l'Allemagne du sud. Seule l'Aquitaine semble échapper à ces amas convectifs. Des nuages bas (entrées maritimes) ont contrarié le réchauffement diurne en Aquitaine (25° à Agen). En revanche, les températures sont très élevées dans le Sud-Est ce qui explique quelques chutes de grêle dans la Drôme, en Haute-Loire (Le Puy où arrivent les trajectographies : figure 17) et dans l'Hérault ainsi qu'en Alsace. Cette deuxième vague d'orage ne semble pas clairement liée au passage du front. Les impacts apparaissent surtout sur les reliefs ce qui témoigne d'une instabilité modérée de la masse d'air. Les trajectographies (figure 17) indiquent que l'air n'est pas

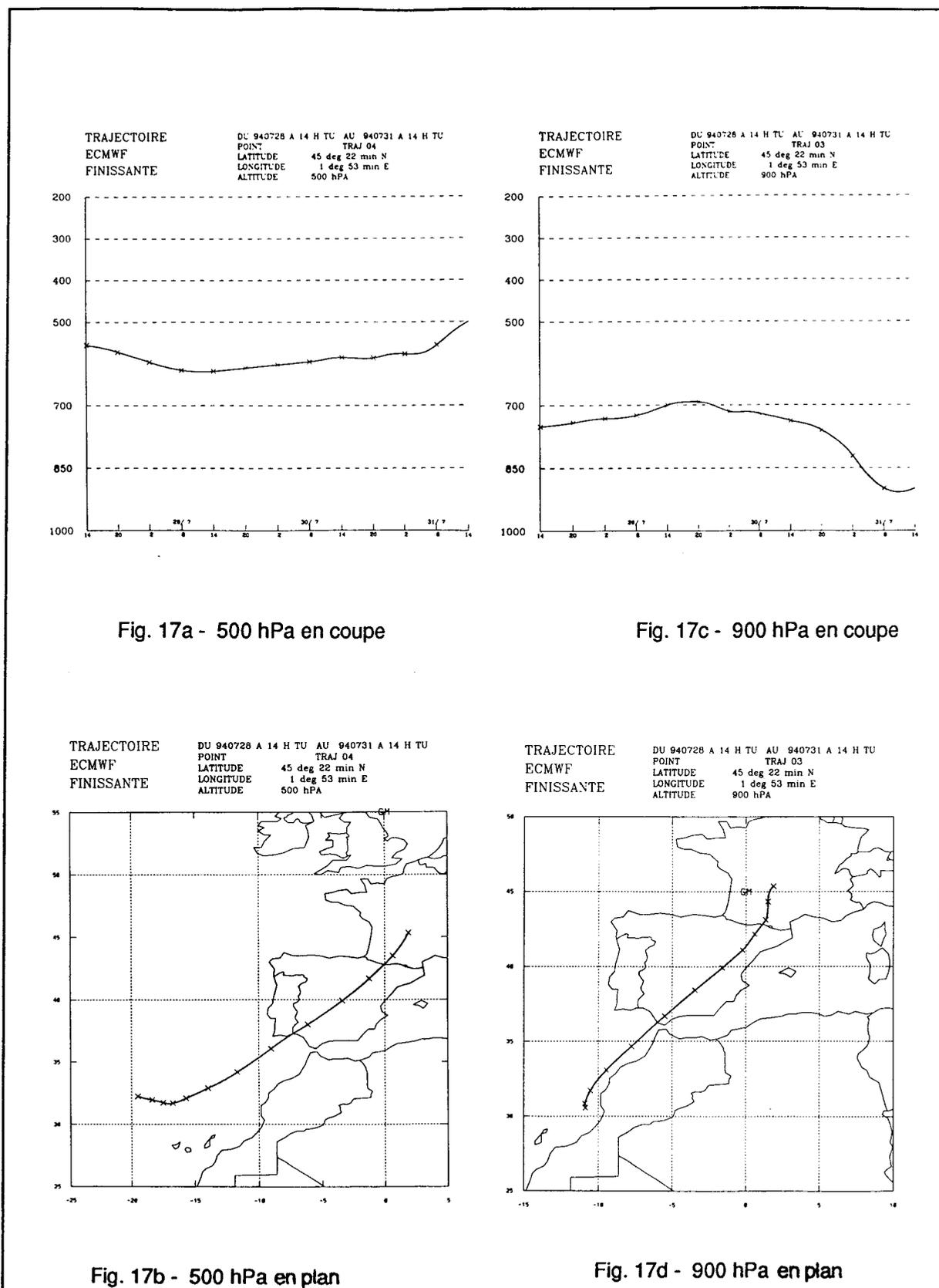
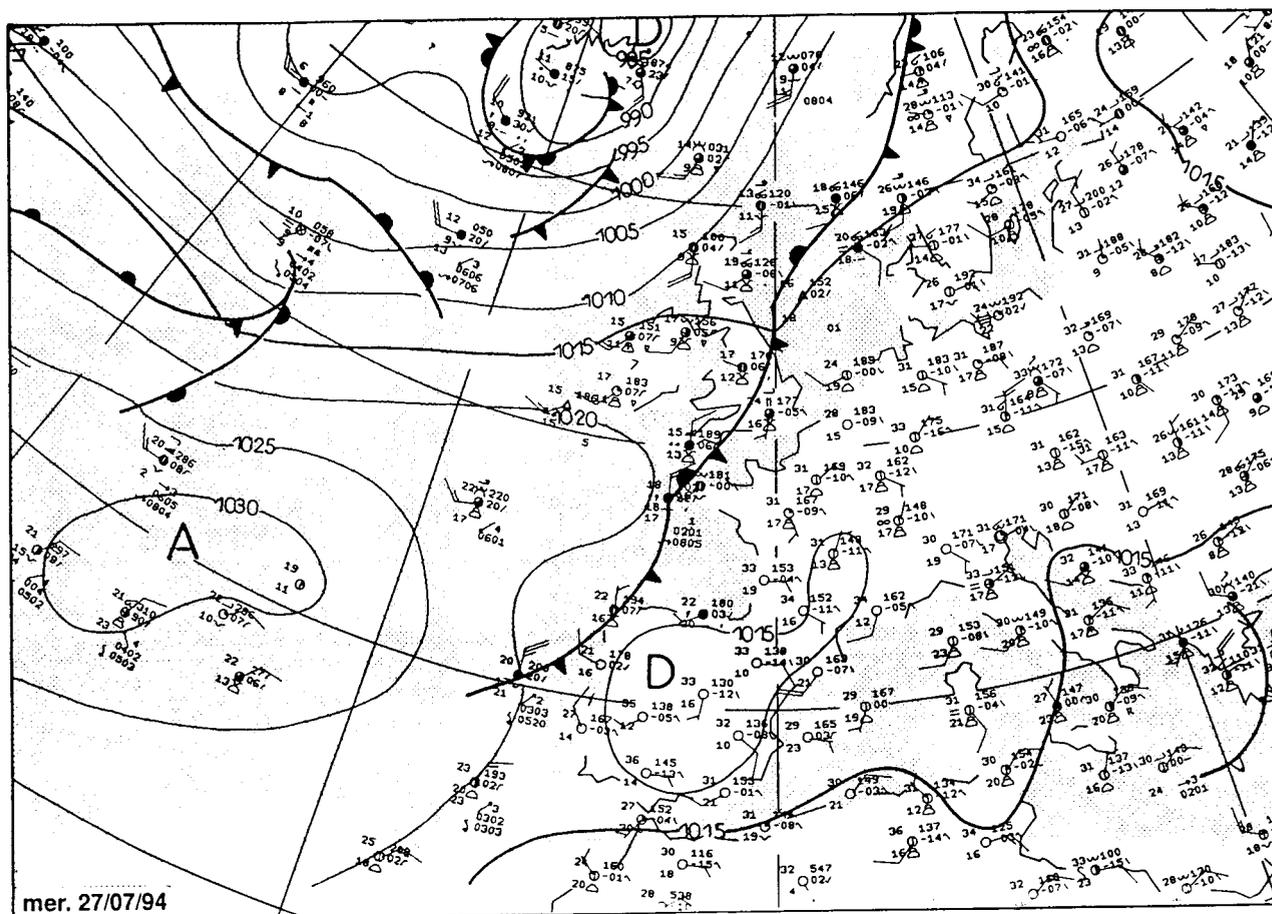
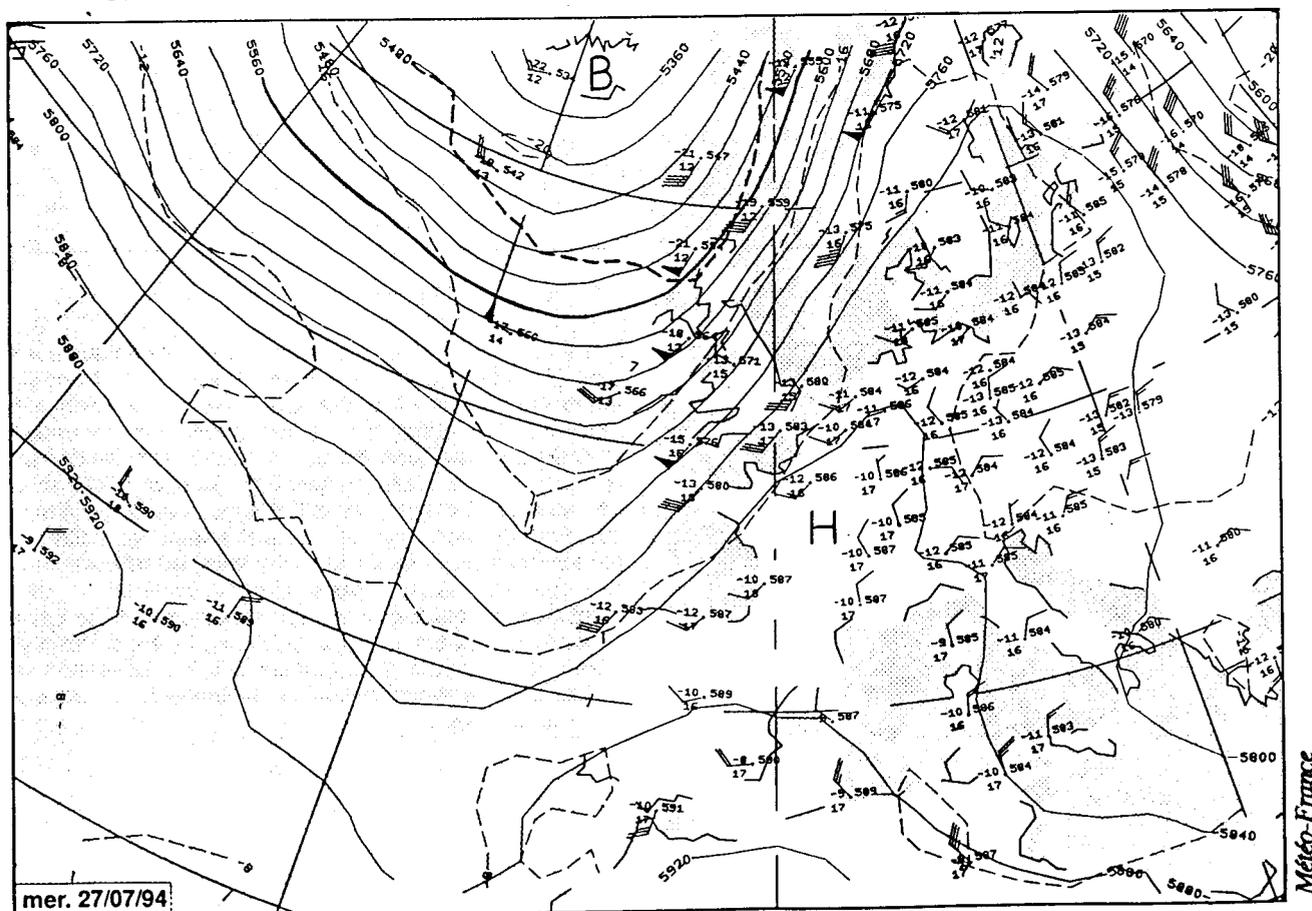


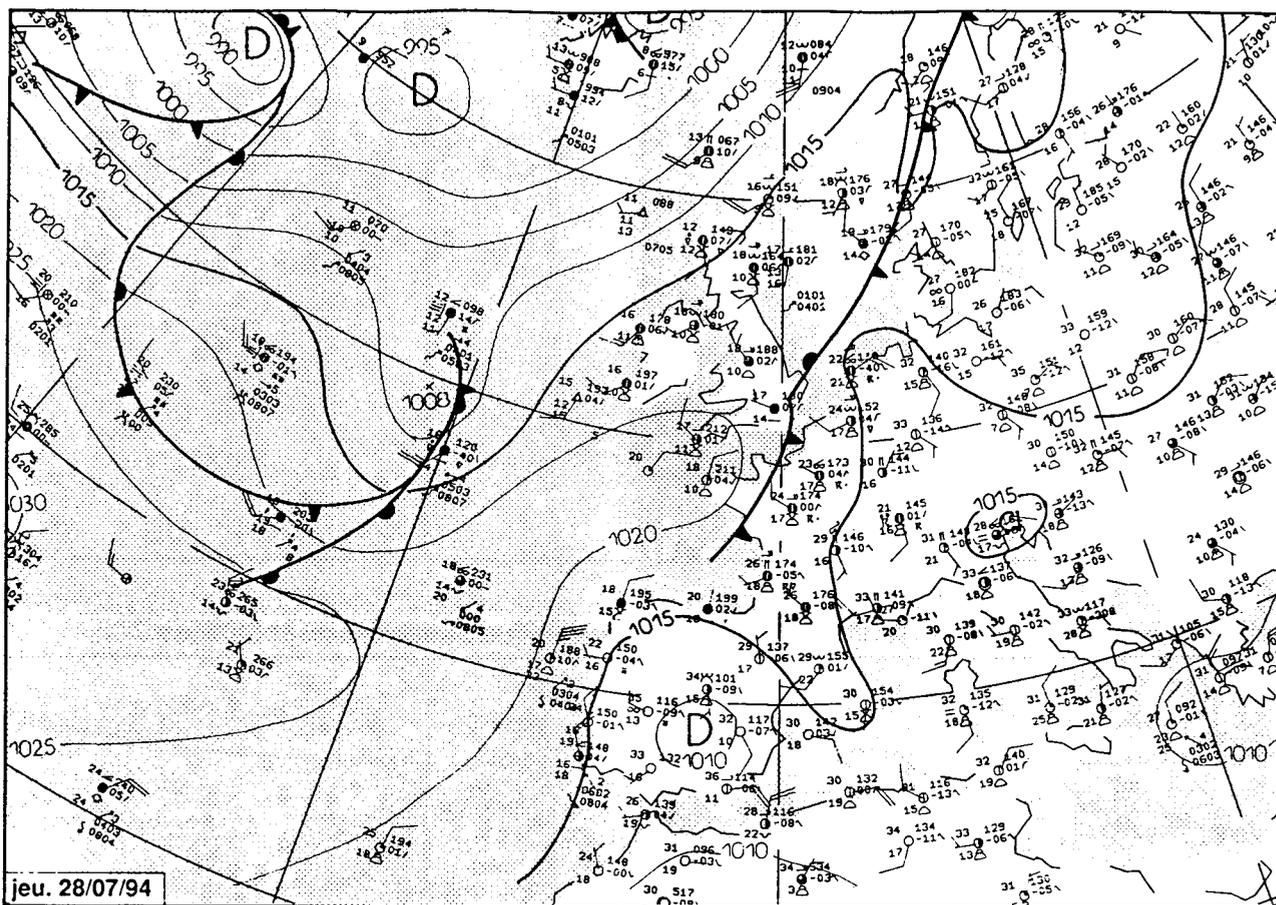
Fig. 17 - Trajectographies à 500 et 900 hPa arrivant à Corrèze (19) le 31 juillet 1994 (14 hTU)



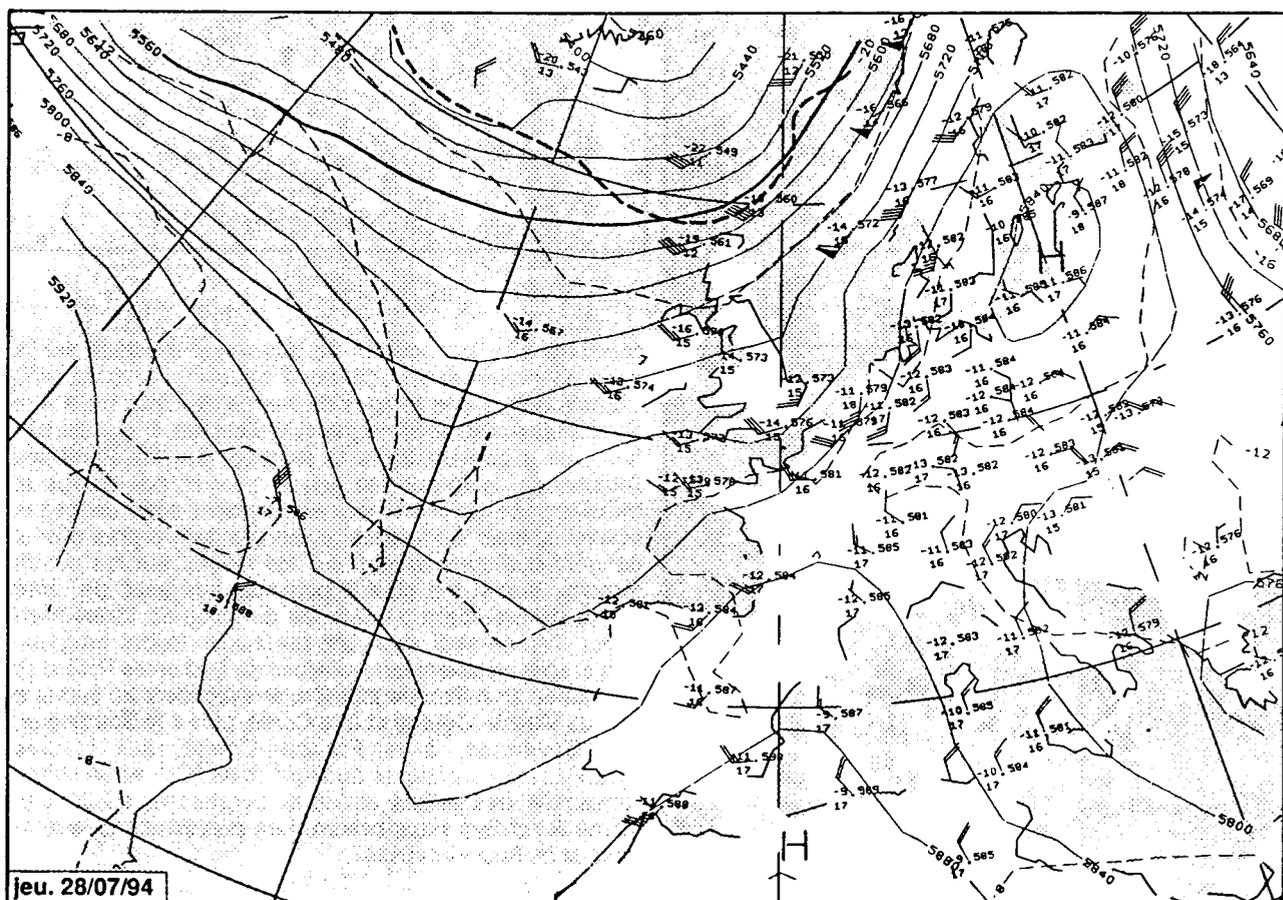
Carte 34a - La situation météorologique en surface le 27 juillet 1994 à 12 hTU



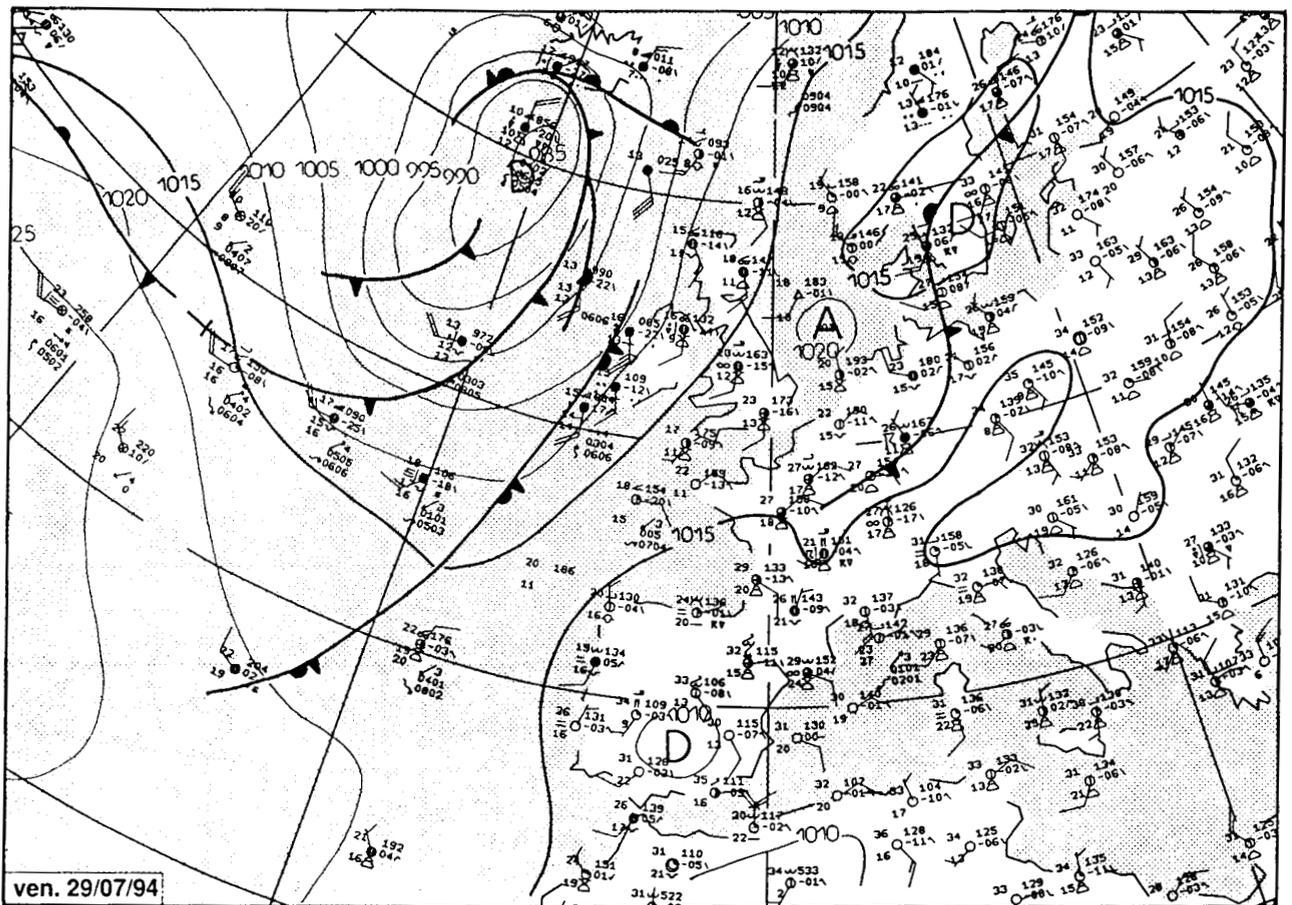
Carte 34b - La situation météorologique en altitude le 27 juillet 1994 à 12 hTU



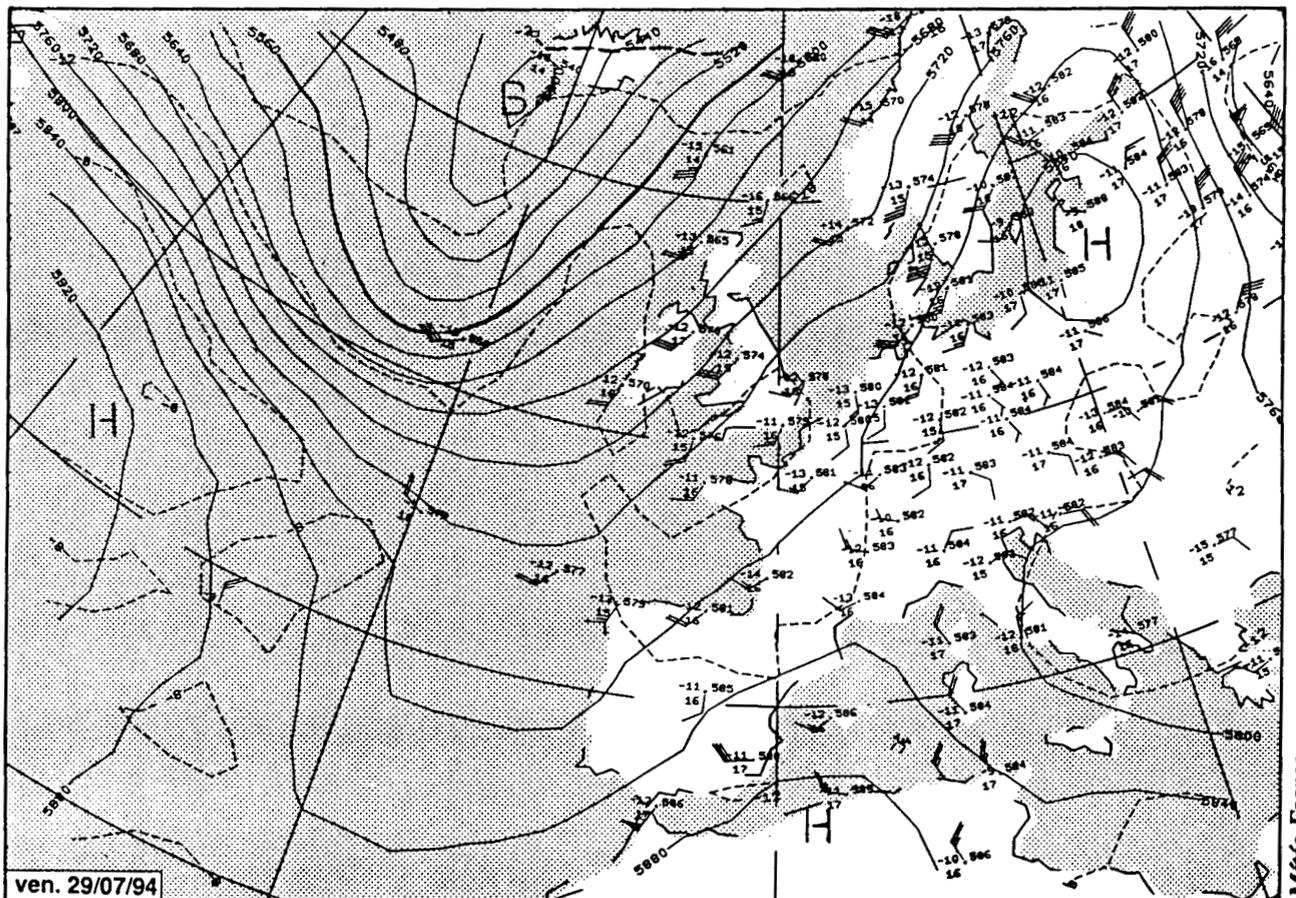
Carte 35a - La situation météorologique en surface le 28 juillet 1994 à 12 hTU



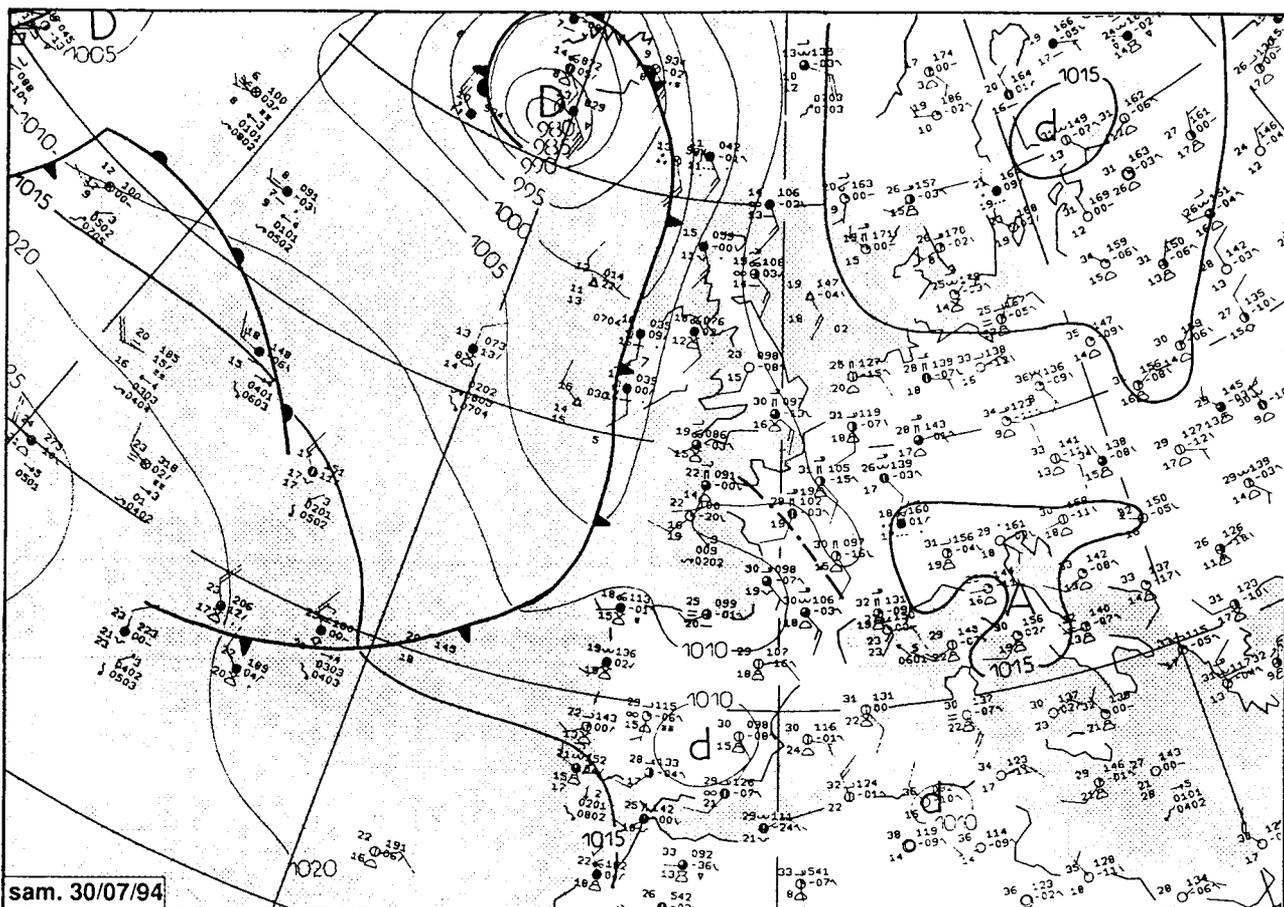
Carte 35b - La situation météorologique en altitude le 28 juillet 1994 à 12 hTU



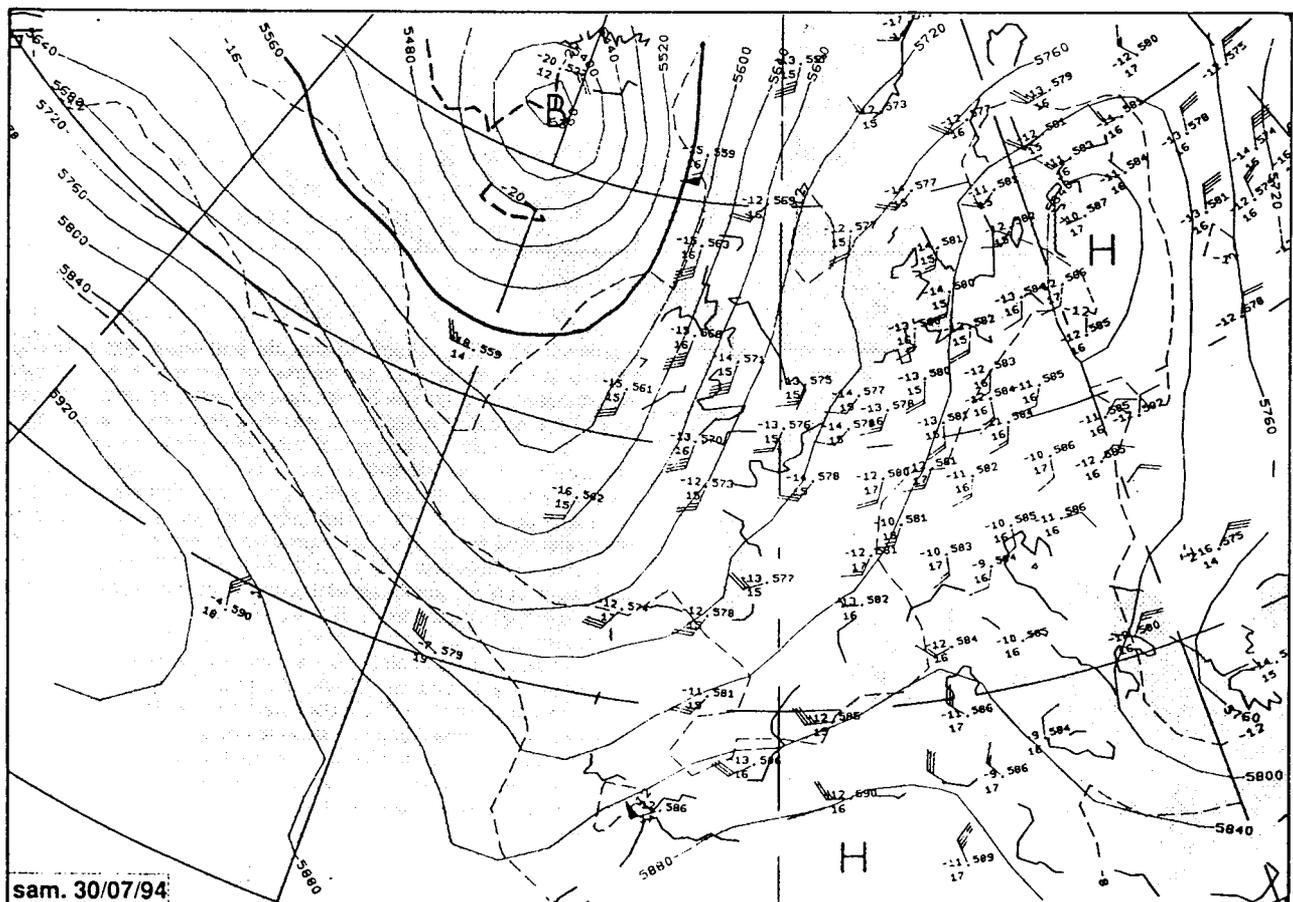
Carte 36a - La situation météorologique en surface le 29 juillet 1994 à 12 h TU



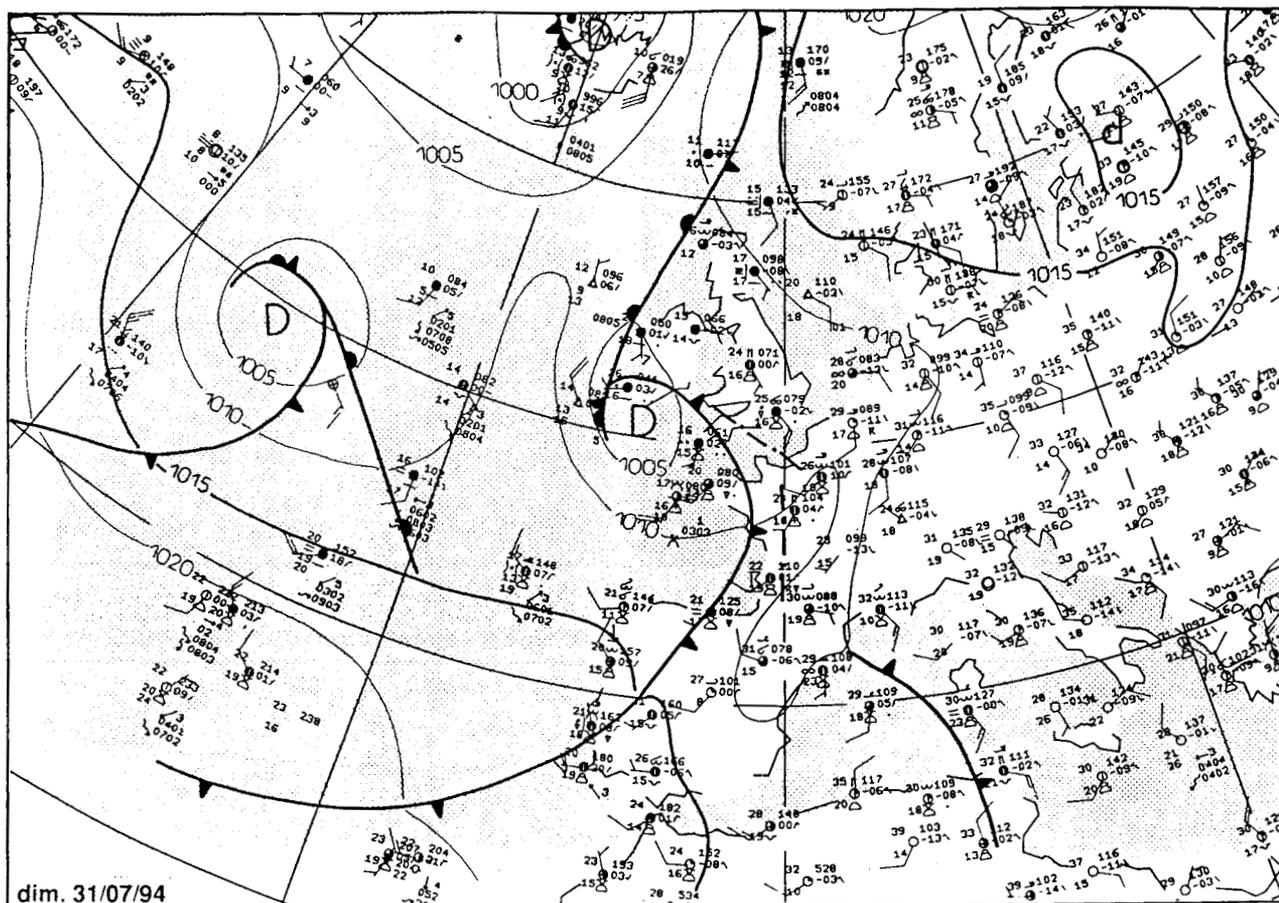
Carte 36b - La situation météorologique en altitude le 29 juillet 1994 à 12 h TU



Carte 37a - La situation météorologique en surface le 30 juillet 1994 à 12 hTU

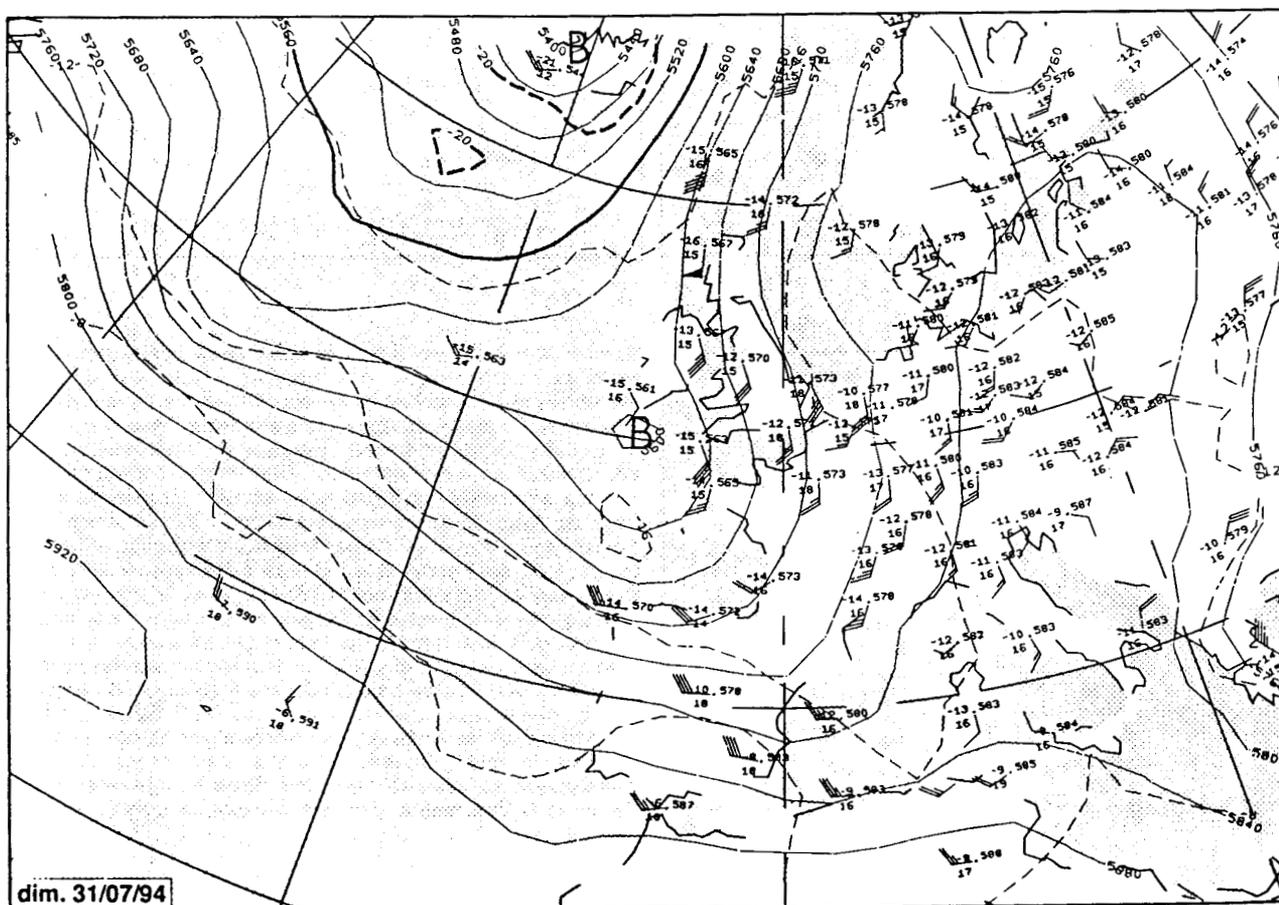


Carte 37b - La situation météorologique en altitude le 30 juillet 1994 à 12 hTU



dim. 31/07/94

Carte 38a - La situation météorologique en surface le 31 juillet 1994 à 12 hTU



dim. 31/07/94

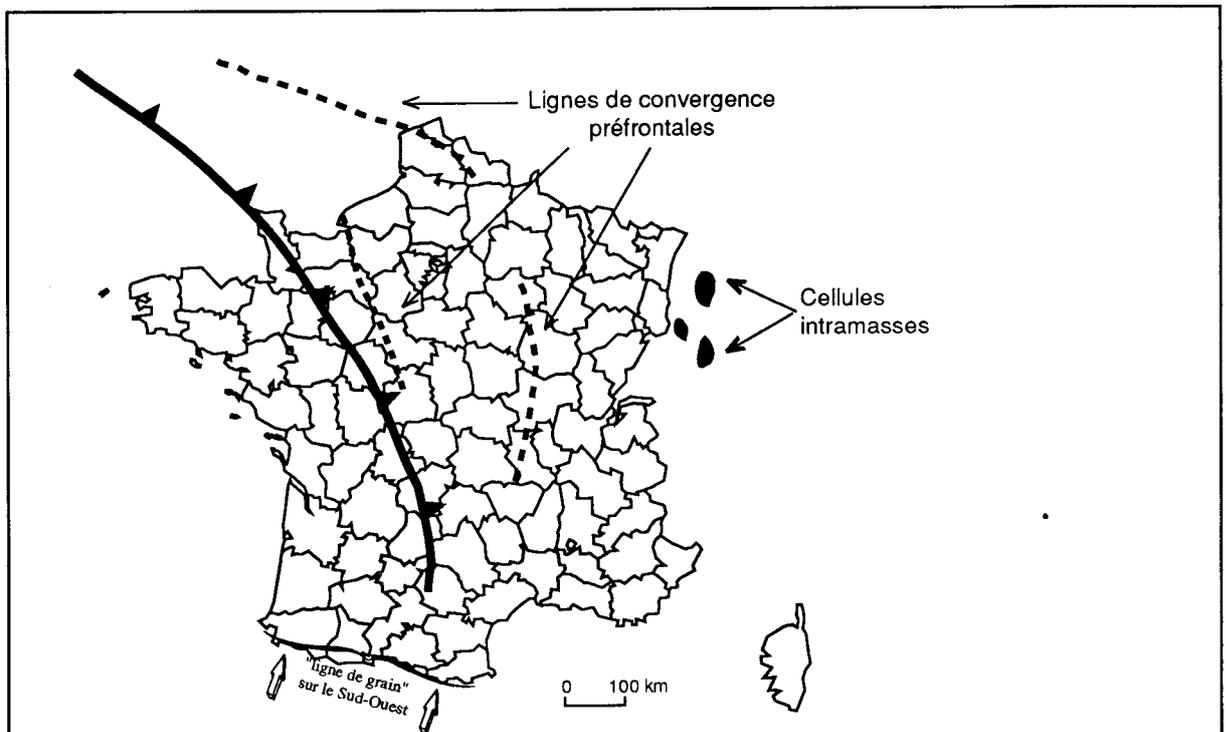
Carte 38b - La situation météorologique en altitude le 31 juillet 1994 à 12 hTU

Météo-France

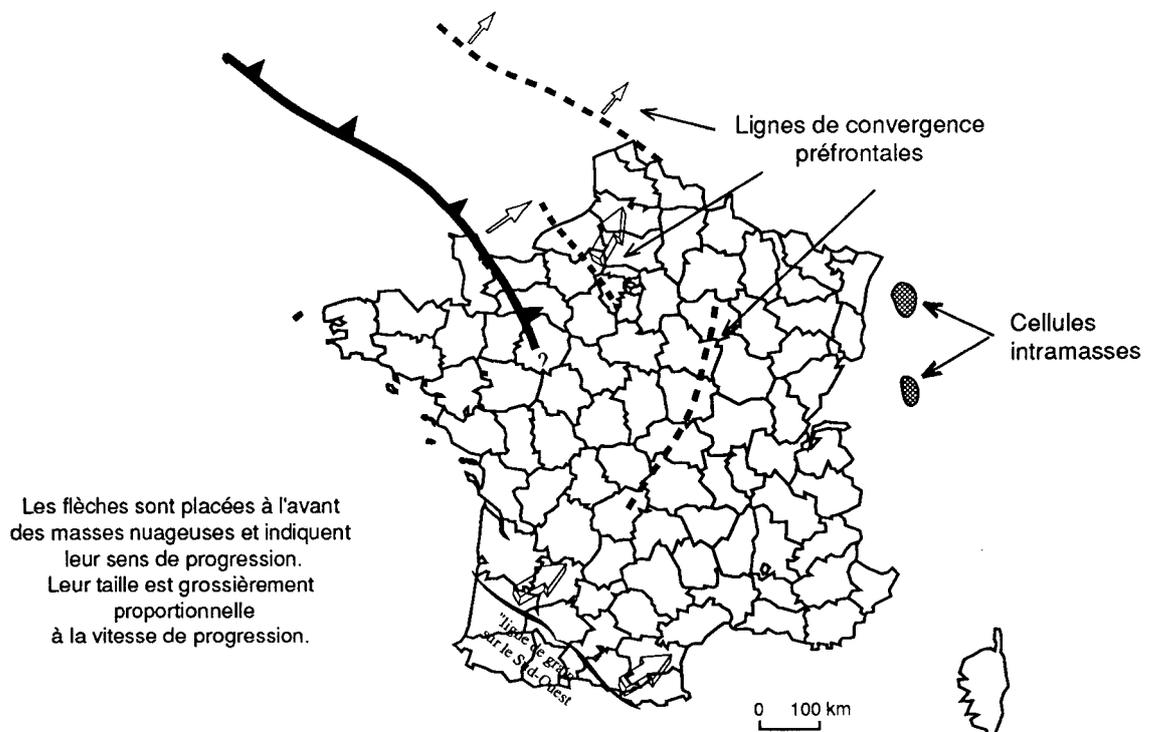
d'origine saharienne, ce qui confirmerait les affirmations de J. Dessens et Ph. Van Dinh (1990) puisqu'il n'y a pas eu de grêle dans le Sud-Ouest ce jour-là.

Les 29 et 30 juillet (carte 36a et 37a) sont des journées d'accalmie grêligénique mais l'activité orageuse persiste. Comme dans la journée du 28, les orages (peu grêligènes) touchent surtout le Massif Central et les Alpes de même que le nord de l'Espagne (León et vallée de l'Ebre).

Le 31 juillet (carte 38a), l'arrivée d'un front par le nord-ouest entraîne la formation d'une zone de convergence que nous révèle les cartes (cartes 39a et 39b) issues de l'interprétation des mosaïques radar (cartes 40 et 41). Cette ligne de convergence est passée la nuit sur les côtes atlantiques où elle a donné des chutes de grêle assez faibles (Charentes, Cap-Ferret). A 14 heures TU, plusieurs lignes de convergence sont visibles sur les cartes de surface entre les Pyrénées centrales et la Bourgogne (une autre ligne de convergence s'étend sur l'Angleterre). Nombre des chutes de grêle sont liées à ces convergences. A l'arrière, le front détermine une ligne de nuages inoffensifs. Les images radar et les cartes au sol ne sont pas tout à fait en concordance concernant la position du front. Sur la mosaïque radar de 14 heures TU (carte 40), le front est bien visible du sud de l'Irlande au Val de Loire. Là, il est en concordance avec ce que dit la carte au sol de 15 heures TU (compte tenu du décallage probable en une heure). En revanche, plus au sud, la composition radar de 14 heures TU situe le front plus à l'est que ne le met la carte. A l'arrière du front pas de formations nuageuses visibles. A 16 heures TU (carte 41), le front n'est pratiquement plus visible par les radars sauf sur la Normandie. La progression de ce front pose problème dans le Sud-Ouest car si sa position est celle indiquée par les radars à 14 heures TU, les formations nuageuses du Sud-Ouest se forment à l'arrière du "front" et s'orientent suivant une ligne de grain grossièrement perpendiculaire à ce front c'est-à-dire ouest-est. Comme pour le 5 juillet 1993 examiné ci-dessus, cet exemple met en évidence le fonctionnement original du Sud-Ouest. Les chutes de grêle du Sud-Ouest (Landes et en Haute-Garonne) sont liées à cette "ligne de grains" qui remonte d'Espagne puis s'organise en une ligne nuageuse entre le Lot-et-Garonne et le Golfe du Lion (grêle dans le Tarn-et-Garonne, le Tarn et l'Hérault). Sa liaison avec le front n'est pas claire. Il semble que cette ligne de convergence doive plus son existence à un minimum dépressionnaire secondaire situé sur le Pays basque, indétectable sur les cartes synoptiques générales.



Carte 39a - La situation à 14 h 00 TU (d'après mosaïque radar carte 40)



Les flèches sont placées à l'avant des masses nuageuses et indiquent leur sens de progression. Leur taille est grossièrement proportionnelle à la vitesse de progression.

Carte 39b - La situation à 1600 TU (d'après mosaïque radar carte 41)

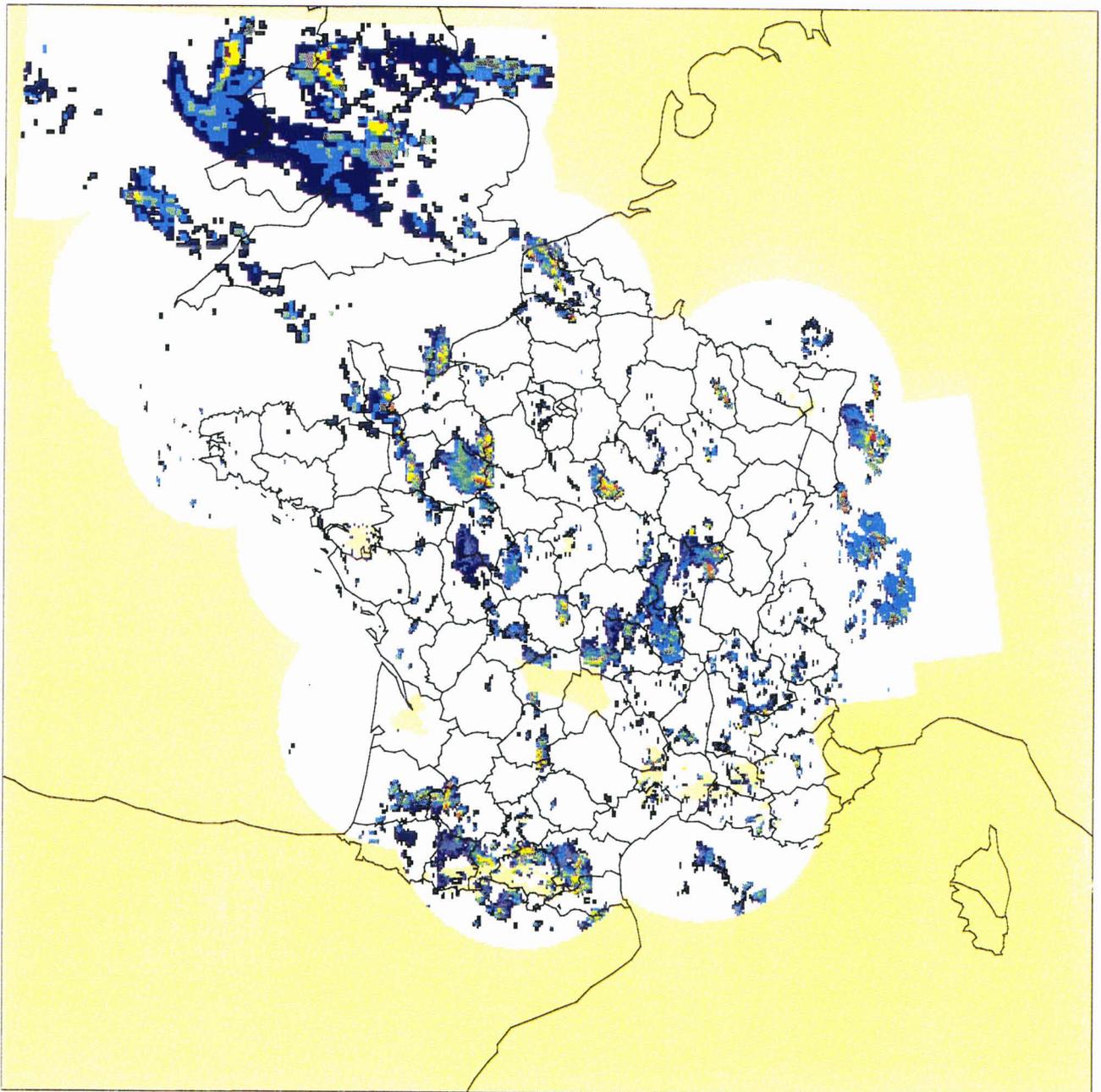
Sources documentaires : Météo-France

F. Vinet

Cartes 39 - Évolution de la situation météorologique en surface dans l'après-midi du 31 juillet 1994

MOSAIQUE RADAR COMPLETE

le 31 / 07 / 1994 a 1400 UTC

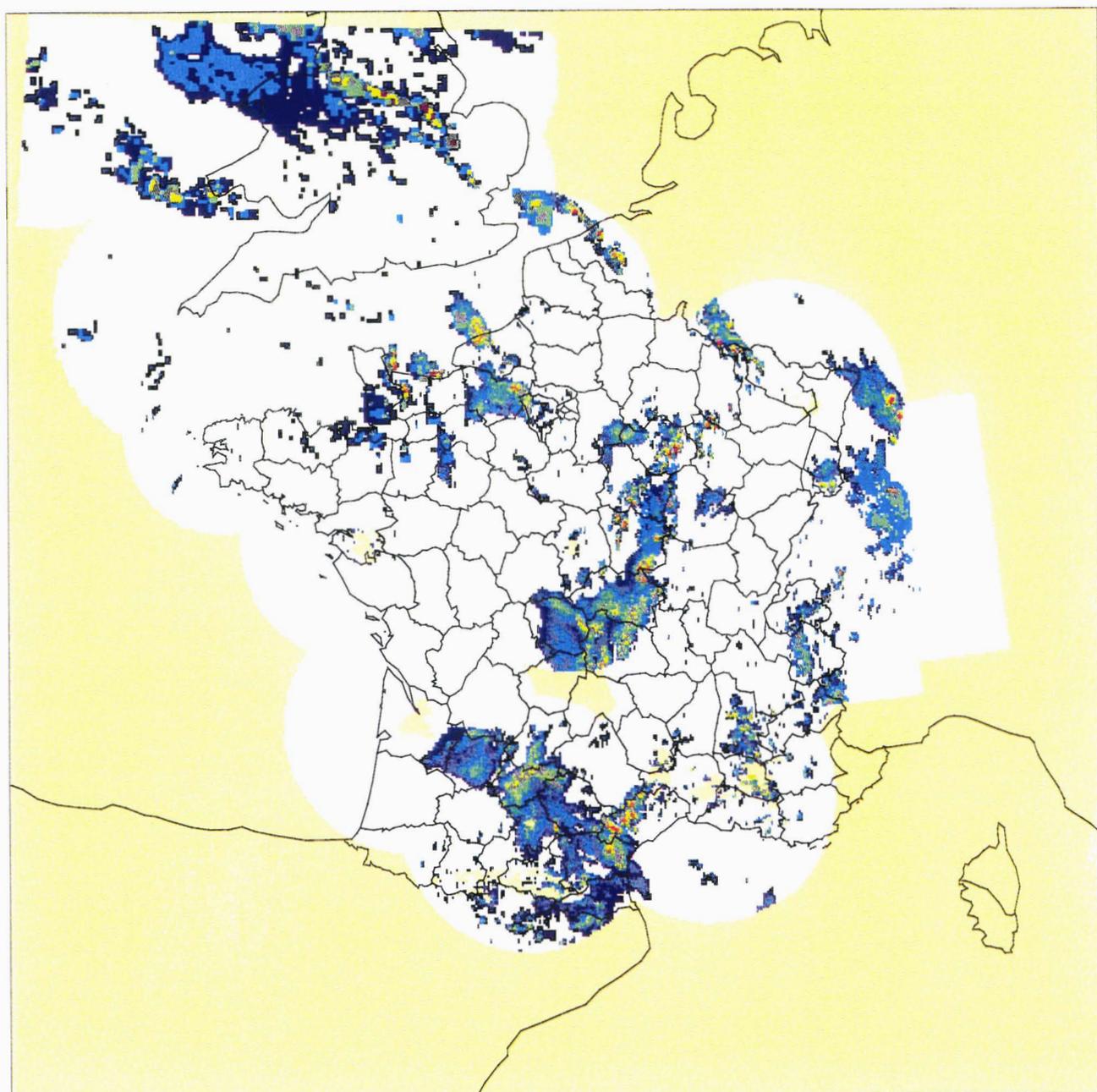


en mm par heure



MOSAIQUE RADAR COMPLETE

le 31 / 07 / 1994 a 1600 UTC



en mm par heure



Le 31, la masse d'air est clairement d'origine saharienne en basses couches, de façon moins évidente en altitude (figure 17, p.165). L'air est subsident en surface puisqu'au niveau 900 hPa, les trajectographies "plongent". En revanche, l'ascendance est forte à 500 hPa ce qui confirme le rôle déterminant de ce niveau dans le développement des situations orageuses et l'effet non moins efficace des divergences verticales dans les couches moyennes.

L'étude de cette séquence confirme que c'est la "qualité" du flux de SW en altitude (associé à une onde de Rossby) qui est déterminante, en particulier sa vitesse. Plus le flux est épais et rapide, plus les risques de grêle sont forts. La présence d'air froid en altitude (bien visible le 29 et le 30, jours où les chutes sont faibles) ne détermine pas forcément à elle seule de fortes ascendances. L'arrivée de fronts en surface accentue le risque notamment quand il est accompagné de la formation de lignes de convergences préfrontales. Mais les chutes de grêle dans le Sud-Ouest peuvent être liées à des lignes de convergence ou des minimums dépressionnaires secondaires sans beaucoup de rapport avec les fronts de la circulation norvégienne.

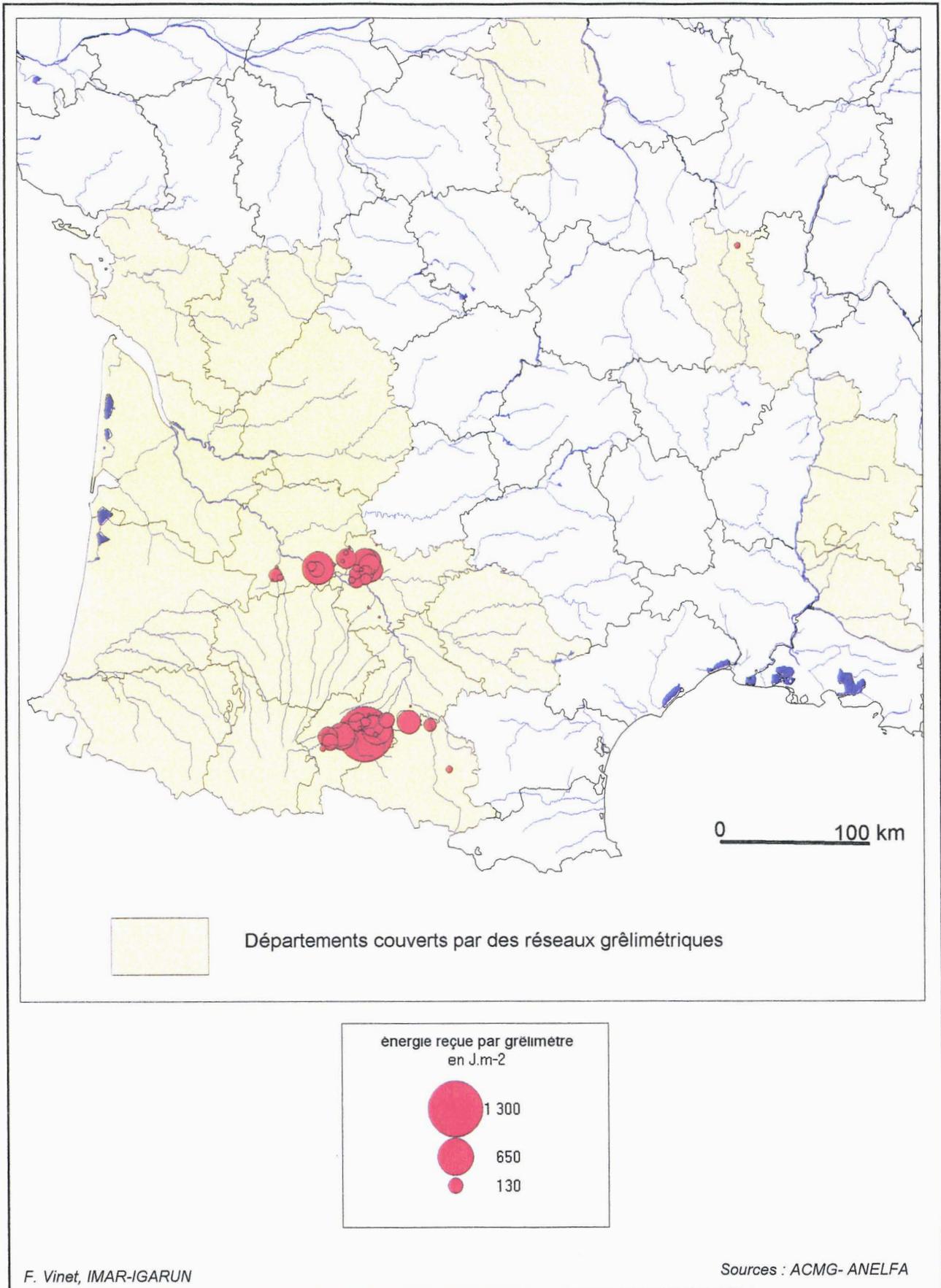
1.3- La situation "atypique" du 18 juin 1994

1.3.1- De fortes chutes de grêle dans le Sud-Ouest

La journée du 18 juin 1994 a donné de fortes chutes de grêle sur le Sud-Ouest (carte 42). Une averse de grêle a frappé, entre 16 et 18 heures TU, une vingtaine de grêlimètres en Comminges avec des énergies atteignant 1250 J.m^{-2} à Monclar-de-Comminges ; une seconde averse a dévasté les cultures entre l'est des Landes et le Tarn-et-Garonne (Moissac). Enfin, la presse rapporte une violente averse de grêle (hors réseaux grêlimétriques) dans la Creuse. "Des grêlons gros comme des oeufs de pigeon se sont abattus samedi vers 18 heures sur Aubusson (23)...La grêle a gravement endommagé les 900 m^2 de toitures de l'Ecole nationale d'art décoratif." Ces quelques extraits de la dépêche AFP du 19 juin 1994 illustrent la violence de l'averse. Quelques chutes moins violentes ont eu lieu dans les départements de la Loire et de Saône-et-Loire.

1.3.2- La circulation en altitude (carte 43b)

Un cutting off a isolé une goutte froide sur la Galice. Alors que la circulation d'ouest est rapide sur les Iles Britanniques, la dépression galicienne dirige un flux de SW



Carte 42 - Les averses de grêle détectées par les réseaux grêlimétriques le 18 juin 1994

sur l'Espagne et la France. Fort sur l'Espagne (50 noeuds), le vent à 500 hPa ralentit sur le sud de la France et devient divergent. La courbure des isohypses devient anticyclonique sur le sud-est de la France (crête sur la Méditerranée occidentale).

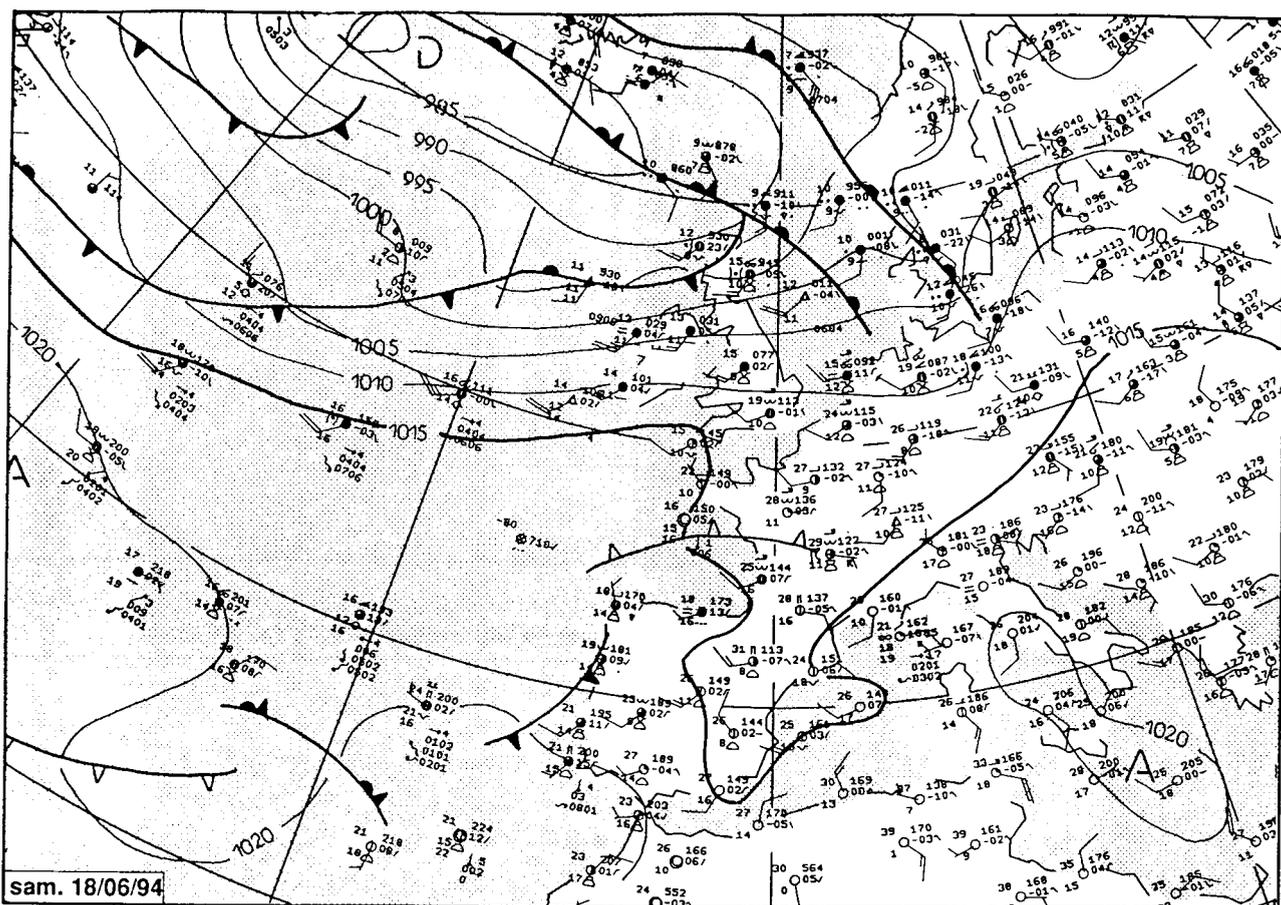
Le 19 juin à 12 heures, la goutte froide, atténuée, s'est déplacée sur Bordeaux. On ne signale pas de chutes de grêle ce jour-là.

1.3.3- La circulation en surface et les masses d'air

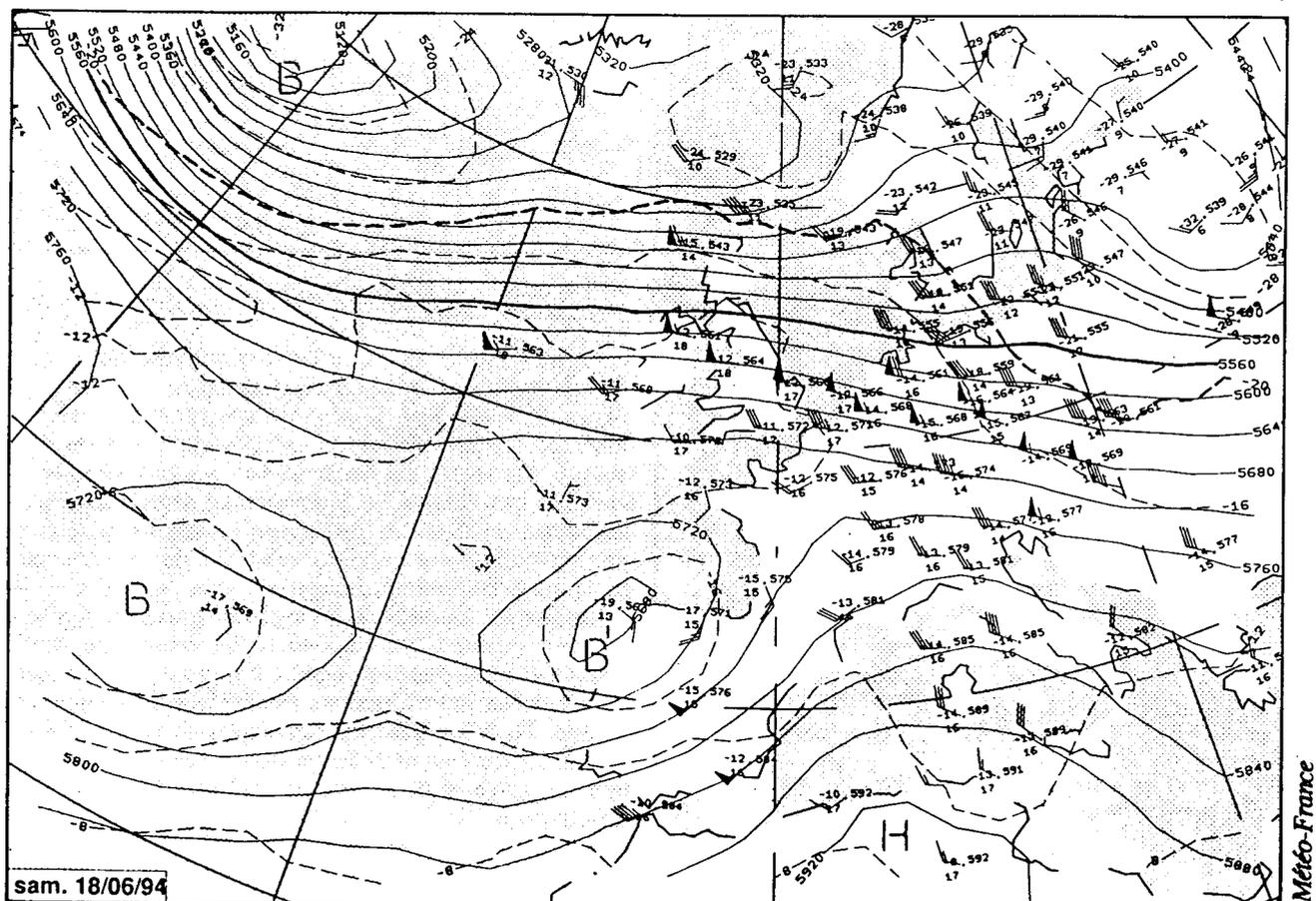
La situation au sol est plus complexe. On ne décèle pas de centre d'action bien constitué au sol. A midi TU (carte 43a), la carte signale un front froid sur les côtes portugaises et une discontinuité assimilée à un front froid du Golfe de Gascogne au Massif central. A 18 heures TU (carte 44) cette discontinuité n'a pas bougé : la situation est pratiquement la même qu'à 12 heures TU. Il ne s'agit pas d'un front froid. L'air à l'arrière a toutes les caractéristiques d'une masse d'air chaud. D'ailleurs, si l'orage de la Creuse coïncide chronologiquement avec le passage de ce "front", ceux du Sud-Ouest se déclenchent à l'arrière. Sur la carte du champ anémométrique en surface à 18 heures TU (carte 44), une ligne de convergence s'est développée sur le Sud-Ouest entre de l'air méditerranéen et de l'air en provenance du Golfe de Gascogne.

La trajectographie à 900 hPa (figure 18) confirme que l'air en basses couches est d'origine méditerranéenne. Le radiosondage de Bordeaux à 12 h TU (figure 19) est classique d'une situation orageuse et ressemble fortement au radiosondage du 5 juillet 1993 à Lyon avec les préventions qu'impose un radiosondage pris 4 heures avant le déclenchement des orages. On note trois niveaux stables : entre 950 et 900 hPa c'est sans doute le reste de l'inversion nocturne, entre 800 et 750 hPa (stratocumulus) et entre 550 et 500 hPa. Toutefois ces couches stables ne sont pas très épaisses et n'altèrent pas le caractère globalement instable de la masse d'air. Seul, l'air au sol est en instabilité absolue (réchauffement diurne), la température de convection est de 28°C, température qui fut atteinte dans l'après-midi. Le reste de la masse d'air est en instabilité sélective et le niveau de convection libre (LFC) est assez bas (850 hPa). Il n'y a donc pas d'obstacle à la formation de nuages cumuliformes. Le vent est modéré de sud-sud-est sauf en dessous de 900 hPa où il vient de l'Océan Atlantique (brise de mer ?).

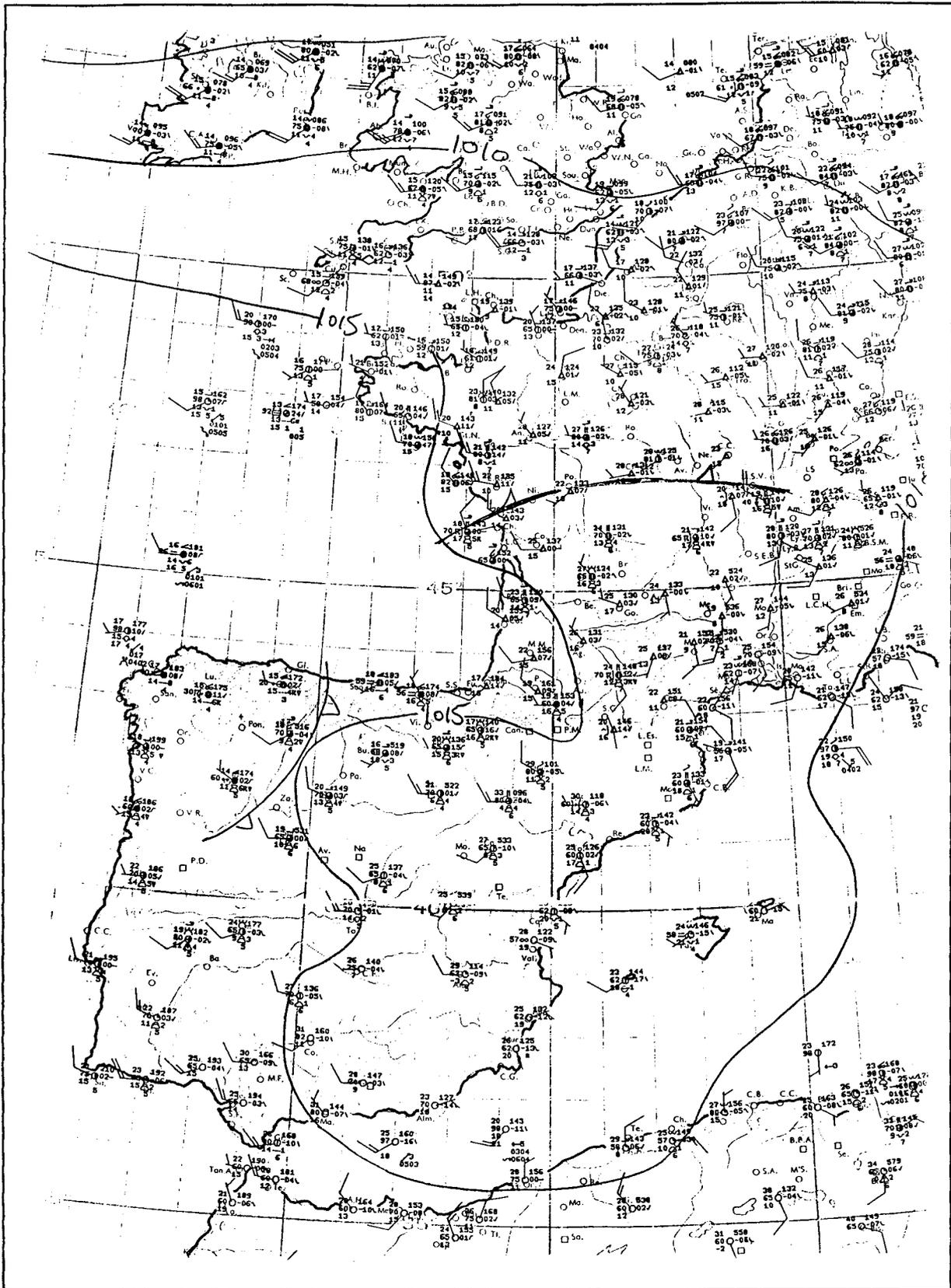
Cet air chaud et instable est le ferment indispensable au déclenchement des orages de grêle mais ce dernier a nécessité des facteurs dynamiques favorables renforçant l'ascendance de l'air.



Carte 43a - La situation météorologique en surface le 18 juin 1994 à 12 hTU



Carte 43b - La situation météorologique en altitude le 18 juin 1994 à 12 hTU



Carte 44 - La situation à 18 heures TU le 18 juin 1994
(carte pointée "TH", Météo-France)

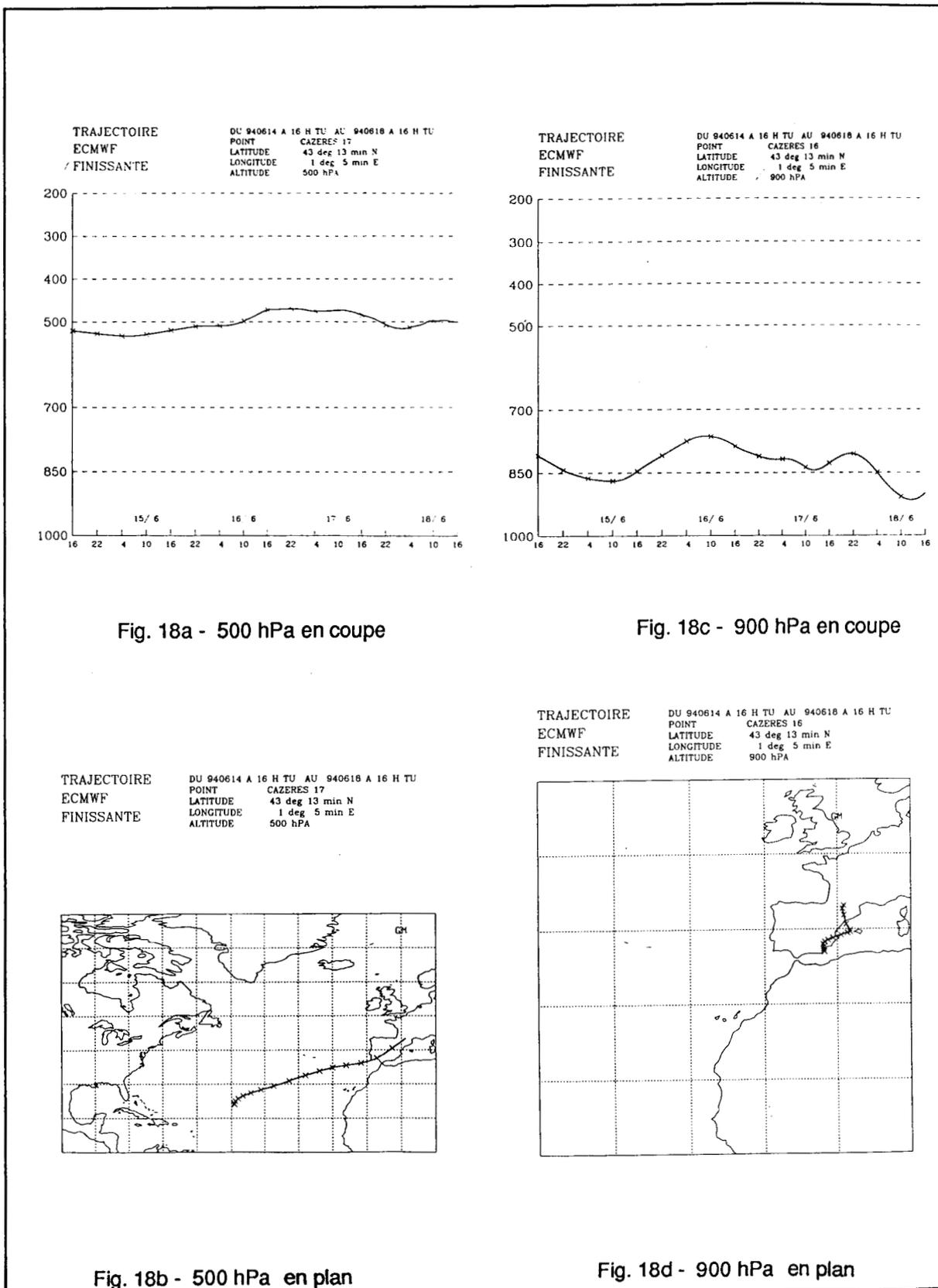


Fig. 18 - Trajectographies à 500 et 900 hPa arrivant à Cazères (31) le 18 juin 1994 (16 hTU)

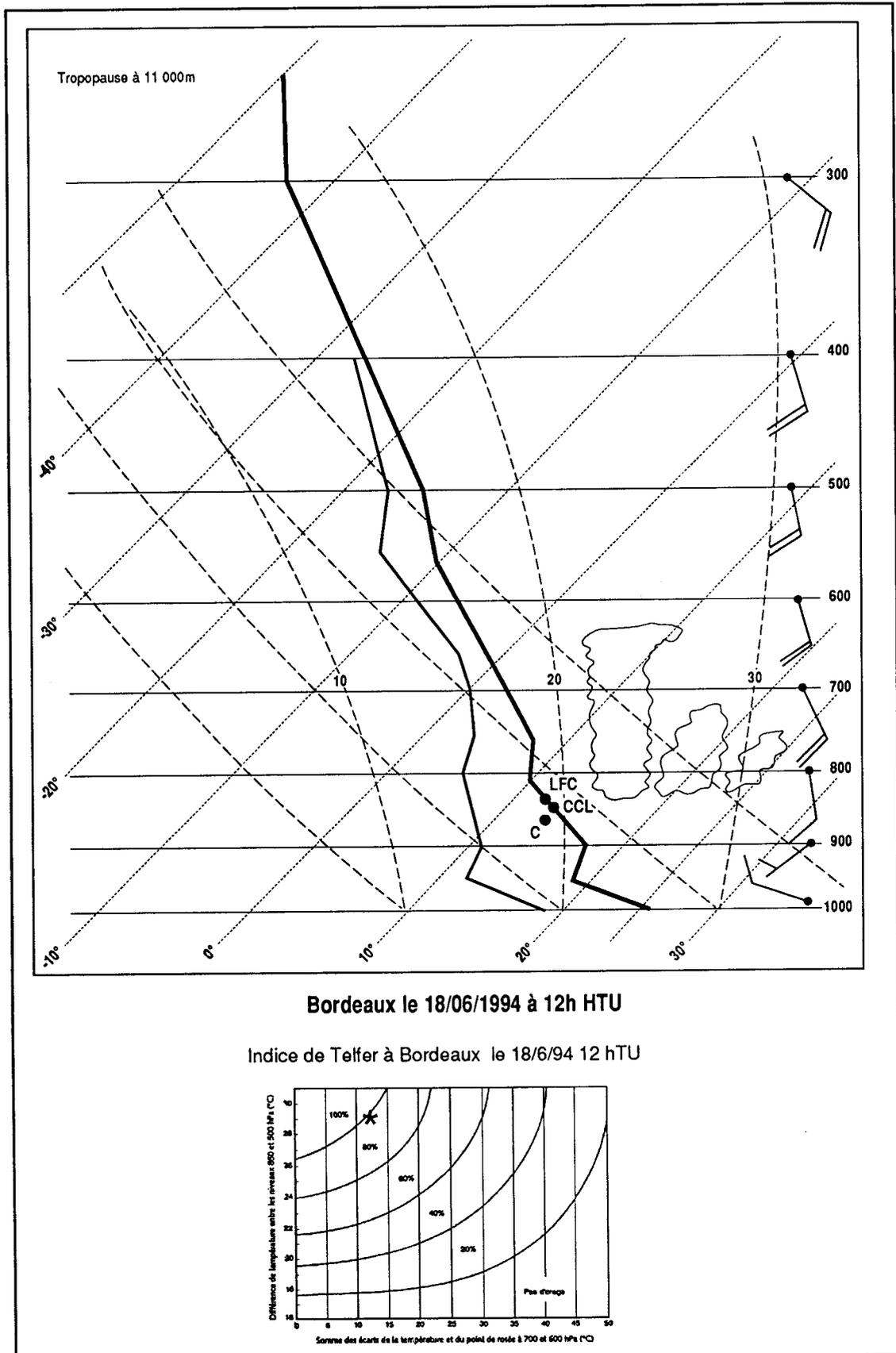


Fig. 19 - Radiosondage à Bordeaux le 18 juin 1994, 12 hTU

1.3.4 - Une journée "atypique"

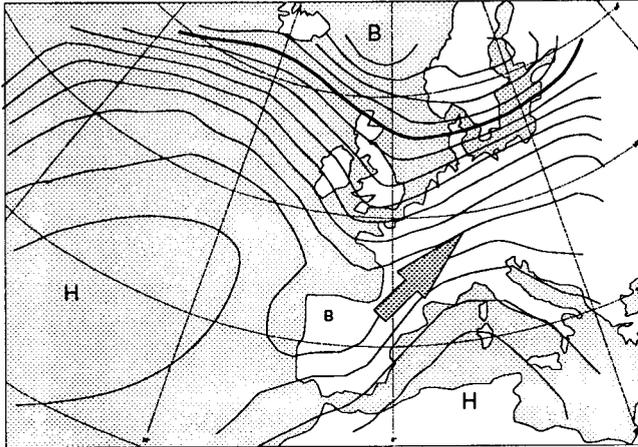
Malgré la présence d'une masse d'air instable, la journée grêlifère du 18 juin 1994 est atypique à plus d'un titre. Contrairement à la plupart des journées grêlifères (comme celle du 5 juillet 1993), les trajectographies à 500 hPa ne montrent pas de soulèvement en masse de la masse d'air. Certes, il faut être prudent avec les résultats issus des modélisations. Par ailleurs, le soulèvement aurait peut-être été plus visible à d'autres niveaux. Cependant, les facteurs dynamiques ont pu compenser cette absence de soulèvement en masse. En effet, on peut tenir pour déterminante dans le déclenchement des orages dans le Sud-Ouest la combinaison d'une divergence en altitude (carte 43b) et la convergence en surface (carte 44). Dans ce cas du 18 juin 1994, les discontinuités dynamiques (différence d'orientation et de vitesse des vents) sont pourtant plus déterminantes que les discontinuités thermiques (fronts) dans le déclenchement des ascendances. L'explication s'affine donc lorsque l'on fait appel à des facteurs d'échelle régionale non détectables sur les cartes synoptiques européennes. A quoi faut-il imputer ces discontinuités dynamiques ? Sont-elles dues à une hétérogénéité *sui generis* de la masse d'air ? Le relief peut-il intervenir pour amplifier ces discontinuités ? Dans le cas du Sud-Ouest, la convergence au sol peut être favorisée par la disposition ouest/est du couloir reliant l'Atlantique à la Méditerranée par la vallée de la Garonne et le seuil du Lauragais. La convergence se ferait sur une diagonale Gers --->Lot un peu à l'est de Toulouse. Or cet axe est un secteur très grêlifère du Sud-Ouest et qu'en revanche l'est de la Haute-Garonne est un peu plus épargné par la grêle car protégé de temps à autre par l'Autan. La disposition des Pyrénées favoriserait la convergence en basses couches d'un air d'origine méditerranéenne (arrivant par le Lauragais) et d'un air atlantique (par l'ouest). Autre élément atypique que signale J. Dessens¹⁷ : les trajectographies à 500 hPa (figure 18) attestent de l'origine non-saharienne de la masse d'air. Or nous avons vu qu'il y avait eu peu de chutes de pluies ce jour-là. Y a-t-il un lien entre cette absence d'air saharien en altitude et l'absence de forts abats pluviométriques ?

1.4- Variations sur le flux de sud-ouest

Il semble que plus que tout autre manifestation orageuse (foudre, fortes pluies...), l'apparition de grêle exige un flux de SW bien établi. Ce flux de sud-ouest est lié à la descente d'une onde de Rossby accompagnée d'une vallée froide en altitude. La

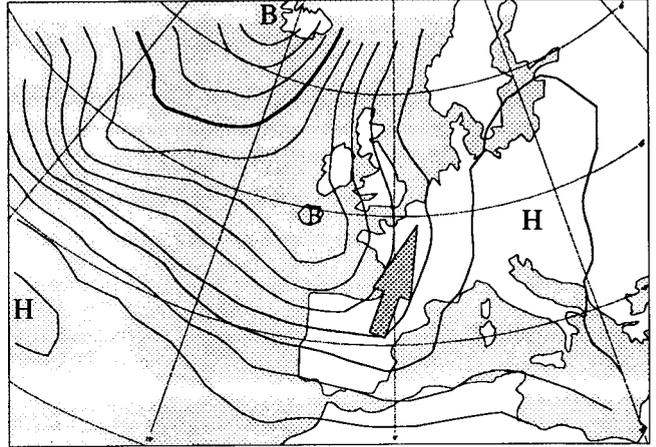
¹⁷ Rapport annuel ANELFA N° 43 , 1995 p.30

Situation 1 (500 hPa):



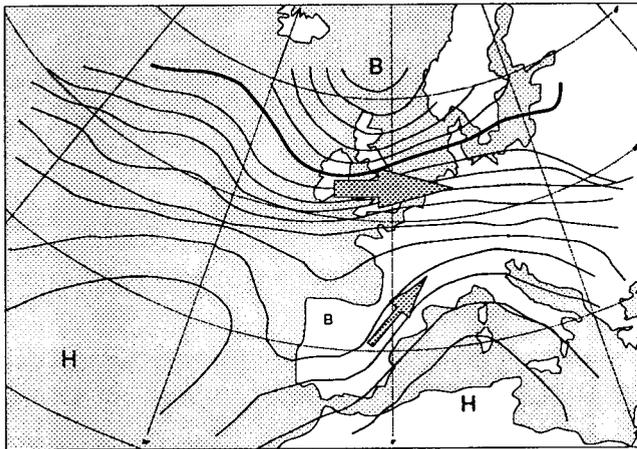
goutte froide sur le nord du Portugal
flux de SW sur le Sud-Ouest et le centre de la France
Fortes chutes de grêle possibles dans le sud et l'est de la France (exemple : 5 juillet 1993)

Situation 2 (500 hPa):



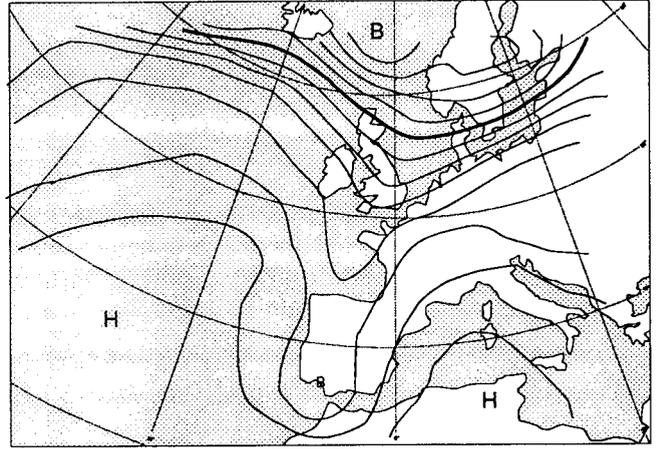
Talweg au large de la Bretagne, blocage sur l'Europe centrale
Flux de SW sur toute la France.
Chute de grêle possible sur toute la France

Situation 3 (500 hPa):

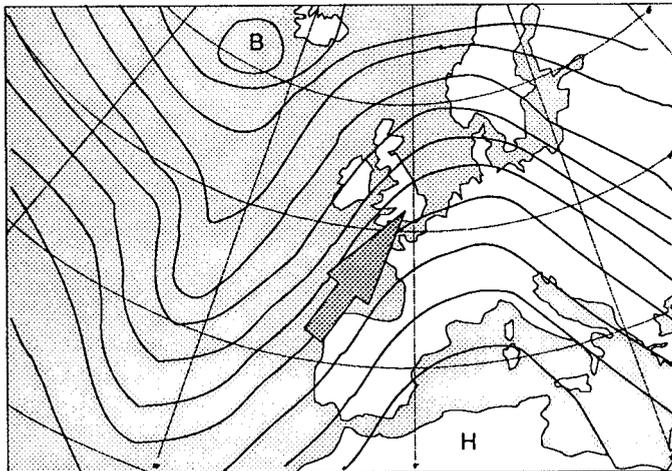


Talweg peu creusé ou cutting-off avorté
Le flux de SW ne concerne que le sud de la France. Le flux d'ouest apporte des fronts froids sur le Nord-Est

Situation 4 (500 hPa):



Thalweg très évolué. Goutte froide trop méridionale
Flux de sud asséché sur la France
Pas de chute de grêle



situation 5 (500 hPa):

vaste onde de Rossby sur l'Atlantique.
Anticyclone des Açores retiré vers le sud-ouest
Flux de SW sur l'ouest de la France.
Est et sud-est de la France protégés par une dorsale
Cas de la grêle du 1er juin 1994 à Granville (Manche) en fin de matinée. Peu liée à la thermoconvection.

F. Vinet, d'après documentation Météo-France

Fig. 20 - Position du flux de SW en altitude et chutes de grêle en France

disposition de ce flux de SW sur la France explique en partie les différences régionales de fréquence des averses de grêle.

L'axe Bassin de la Garonne - Massif Central - Suisse est l'espace le plus souvent soumis aux flux de SW (figure 20 situation 1). L'établissement d'un tel flux sur ces régions n'exige pas que l'onde de Rossby soit très accentuée. Le maintien d'une crête sur la Méditerranée occidentale protège le Sud-Est et repousse le flux vers le nord (Rhône-Alpes). En quelque sorte, la circulation moyenne des flux de SW en altitude passe sur ces régions. L'espace atteint par les flux de SW dépend en partie de la position du minimum dépressionnaire sur l'Atlantique (situations 1 et 2).

Dans le nord-est de la France, les chutes de grêle semblent pour la plupart frontales et ou préfrontales. Des études ont montré (Roussel, 1986 ; Laurent, 1986) comment le passage d'un front froid le 11 juillet 1984 dans le Nord-Est s'est traduit par des rafales de vents et des chutes de grêle dévastatrices. De fortes chutes de grêle dans le nord-est de la France peuvent se déclencher lorsque des talwegs très creusés font remonter le flux de SW en latitude dans une trajectoire quasi méridienne. Les flux de SW en altitude sont assez rares, en tout cas plus rares que dans le SW ou le Centre-Est. En revanche, les passages de fronts en surface sont fréquents en été du fait de la latitude élevée, plus fréquents en tous cas que dans l'ouest de la France protégé par l'anticyclone des Açores. En fait, le Nord-Est est à la jonction des flux tempérés d'ouest d'altitude (apportant des fronts froids en surface) et des courants de SW fréquents (figure 20 situation 3). La combinaison des deux explique le nombre important de chutes de grêle (voir chapitre 1) sans que les diamètres de grêlons atteignent ceux mesurés dans le Sud-Ouest ou la région Rhône-Alpes.

Dans le Nord-Est, l'établissement d'un flux de sud-ouest plus fréquent que dans l'Ouest n'en requiert pas moins des conditions synoptiques (thalweg, blocage...) plus exigeantes que celles décrites pour le Sud-Ouest et le Massif Central. Cependant le Nord-Est est exposé même en été aux flux d'ouest pourvoyeurs de fronts. La plupart des situations grêligènes dans le Nord-Est associent un flux de SW en altitude et un front provenant du NW au sol.

Dans le Nord-Ouest de la France, en particulier en Bretagne, l'établissement pour au moins 24 heures d'un courant de SW en altitude est chose peu fréquente. Il faut en effet que le thalweg descende très bas en latitude sans se rapprocher trop des côtes de l'Europe (figure 20 situation 5). Sur l'ouest de la France en général, l'établissement d'un flux de SW en altitude exige un talweg bien creusé, en position très occidentale et un blocage efficace sur l'Europe centrale. Ces conditions rarement réunies en été expliquent la faible probabilité de situations à grêle d'été sur ces régions. Cette situation est assez rare

compte tenu de la position de l'anticyclone des Açores en été. Par ailleurs, la disposition des terres et des mers sur le nord-ouest de la France ne favorise pas la thermoconvection (forte ventilation, pas de grande vallée abritée, voisinage des masses maritimes). La masse d'air de SW doit donc être intrinsèquement très instable pour pouvoir générer des orages de grêle violents. On a observé cette circulation de SW en altitude lors de l'averse de grêle du 1er juin 1994 dans la matinée qui toucha les Côtes d'Armor et la Manche (départements habituellement peu touchés par la grêle). Ce jour-là, à 12 heures TU, le vent de SW était de 60 noeuds au-dessus de Brest et 85 noeuds (160 km.h^{-1}) au dessus de La Corogne.

À l'opposé, le Sud-Est est protégé par la crête chaude qui stationne en été sur la Méditerranée occidentale et est donc hors d'atteinte des descentes froides en été. Ces descentes froides redeviennent plus fréquentes à partir du mois de septembre (Carréga, 1991). Parfois, dans le sud-est de la France, un flux de SW en altitude peut générer des orages même en présence de pressions relativement élevées au sol (1020 hPa). J.P. Vigneau (1985) a d'ailleurs montré que dans les Pyrénées-Orientales, 20 % des orages convectifs ont lieu en situation anticyclonique au sol (rôle du relief). Il est évident que les épisodes dits "de pluies cévenoles" donnent de la grêle (Vaison-La-Romaine) mais cette dernière y est sans commune mesure comparée aux précipitations liquides. L'isotherme 0°C est assez élevé lors de ces situations de pluies cévenoles (plus de 4000 m voir 5000m d'altitude), ce qui favorise la fonte avant l'arrivée des grêlons au sol. De plus, à cette période de l'année, septembre à novembre, la plupart des récoltes sont engrangées ce qui minimise les conséquences de ces paroxysmes hydroclimatiques.

Conclusion

Malgré la prolifération des indices atmosphériques prédictors de grêle¹⁸, la pratique veut que toute situation orageuse soit par défaut considérée comme potentiellement grêligène. C'est ainsi que procèdent les organismes chargés de prédire les situations à grêle à moyen terme. Il est difficile de faire la différence à l'échelle synoptique entre les situations orageuses et les situations grêligènes, les deux étant concomitantes en tout cas pour les principales chutes de grêle, celles qui occasionnent le plus de dégâts. Par ailleurs, l'extrême variété et parfois le caractère surprenant des situations grêligènes (surtout en basses couches) prouvent une nouvelle fois la vanité de toute typologie des journées grêligènes fondée sur la seule circulation atmosphérique.

¹⁸ Voir Mezeix et al. (1979) pour le Languedoc... Ces indices, extrêmement complexes, sont difficiles à mettre en pratique en temps réel dans l'optique d'une prévision opérationnelle quotidienne.

Le seul dénominateur commun des situations grêligènes est la présence en altitude d'un talweg sur le proche Atlantique induisant un flux de SW sur l'Espagne et la France. Le "système" générateur de circulations grêligènes (figure 21) a pour condition *sine qua non* l'établissement d'un flux de sud-ouest chaud et humide, épais et instable. La présence des courants-jets d'altitude semble être sinon indispensable du moins très favorable aux fortes chutes de grêle. D'ailleurs, on a bien vu dans l'étude de la séquence orageuse de juillet 1994 que les chutes de grêle cessaient pratiquement lorsque les courants-jets ralentissaient ou s'interrompaient. S'ajoutent des éléments instabilisants en altitude ou en surface. Ces éléments sont de nature thermique - comme l'invasion d'air froid en altitude ou/et le passage d'un front froid en surface - ou dynamique (divergence en altitude et convergence au sol). On a vu que dans le cas du 18 juin 1994, les facteurs dynamiques ont été déterminants. Il faut ajouter les phénomènes locaux et régionaux comme la thermoconvection diurne et les éventuels facteurs statiques (reliefs) favorisant l'instabilité.

Mais le rôle de ces facteurs secondaires n'est ni systématique ni proportionnel. La présence d'air froid en altitude, pas plus que la différence de température entre le sol et tel niveau barométrique ne déterminent une journée à grêle. Il faut parfois chercher la cause des fortes journées à grêle dans la synchronisation d'une forte instabilité intrinsèque du flux de SW et des différents facteurs de surface. Cette instabilité intrinsèque de la masse d'air se lit dans les modélisations trajectographiques. L'ascendance de la masse d'air commence une vingtaine d'heures avant la chute de grêle principale et se poursuit régulièrement jusqu'à la chute de grêle. Ceci prouve que cette instabilité n'est pas seulement liée au rythme nyctéméral de la thermoconvection propre aux basses couches.

* Le débat sur les origines des orages de grêle s'insère dans un débat plus large qui oppose des théories du fonctionnement atmosphérique donnant l'avantage aux facteurs thermiques (Leroux M., 1986, 1996) à des explications plus dynamiciennes (Joly A., 1995). Les premières, pourtant très contestées (Carréga P., 1997) sont séduisantes pour le géographe car elles donnent une part déterminante aux faits géographiques (effet de canalisation par le relief...). Sans nous éloigner trop de notre sujet, il faut remarquer que la remise en cause (partielle somme toute) de la théorie norvégienne par Alain Joly renvoie à un déterminisme chaotique qui fait des discontinuités dynamiques (et non thermiques) les moteurs de la circulation atmosphérique. Quelques mécanismes que nous avons mis en évidence comme grêligènes ne s'insèrent pas dans le modèle norvégien, en partie parce que l'on change d'échelle d'analyse. On peut penser que le flux de sud-ouest (surtout lorsqu'il est rapide) n'est pas un écoulement laminaire homogène et qu'il est parcouru de discontinuités d'origine thermique (air froid) ou dynamique (convergence ou

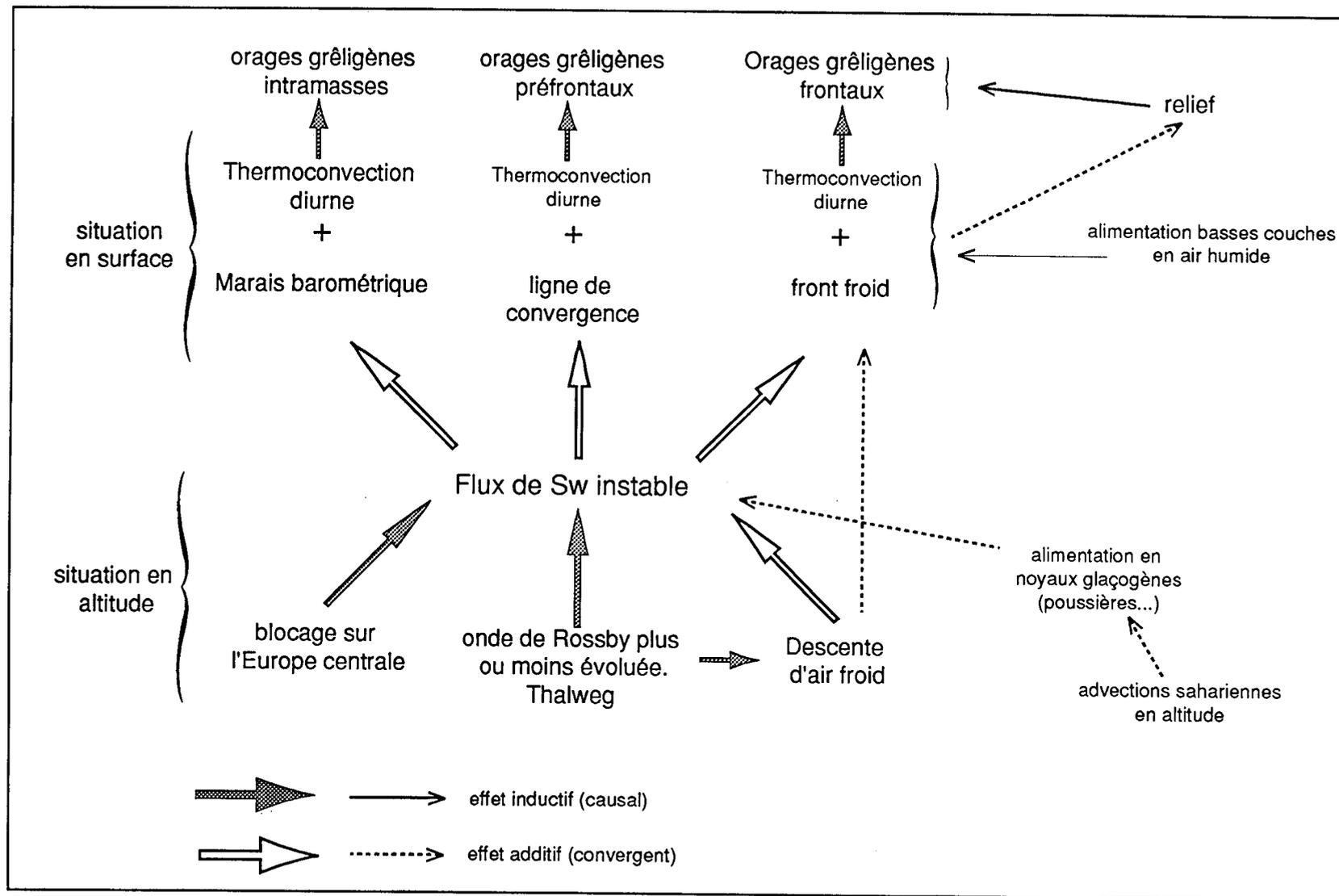


Fig. 21 - Les conditions de formations des orages grêligènes

autre) qui ne sont pas toujours détectables sur les cartes synoptiques. Cette hétérogénéité dynamique du flux d'air chaud et humide rappelle les observations de Pierre Carréga à propos de systèmes nuageux remontant en Méditerranée occidentale sur le flanc ouest de l'anticyclone (centré sur l'Adriatique). Ces systèmes nuageux sont intramasses. Le front est situé sur l'Angleterre. Or Pierre Carréga note que "ces nuages s'organisent par "bouffées" ...dont le comportement est imprévisible... Ils naissent "spontanément" sur mer ou y meurent et peuvent donner lieu à de fortes pluies (parfois avec "boues")"(1997, p. 138). Les boues sont issues de poussières sahariennes et prouvent que cette circulation se rapproche de celle identifiée par Dessens et Pham Van Dinh (1990) lors de l'étude des relations entre poussières sahariennes et chute de grêle. Les naissances "spontanées" de nuages "a-frontaux" impliquent la présence de discontinuités à l'intérieur du flux comme peuvent l'être les ondes d'est dans le flux d'alizé.

Le débat est aussi ouvert sur le rôle de l'origine des masses d'air. Des études distinguant les chutes de grêle sèche et les grêles accompagnées de pluie pourraient confirmer (ou nuancer) le rôle des invasions d'air saharien en altitude.

* Cette circulation générale de sud-ouest se manifeste plus ou moins fréquemment selon les régions et s'exprime différemment suivant les facteurs de surface (orographie, disposition terre/mer...). Les phénomènes qui commandent la répartition spatiale des chutes de grêle à échelle régionale en France sont :

- la position des flux ou des régions par rapport aux flux moyens de SW en altitude (figure 20).
- l'exposition par rapport aux invasions frontales
- les prédispositions à la thermoconvection
- la configuration topographique régionale et la répartition terre/mer qui peut favoriser les convergences en basses couches.

Nous reviendrons en synthèse de la première partie sur les relations entre ces facteurs synoptiques et la fréquence de la grêle dans les différentes régions françaises.

La circulation générale explique les variations spatiales de la fréquence des types de temps orageux donc la probabilité d'une chute de grêle mais elle n'est pas apte à déterminer avec certitude l'occurrence d'une averse de grêle. Cette dernière se décide à l'échelle du cumulonimbus. C'est l'étude du fonctionnement des cumulonimbus qui peut apporter des éléments de réponse quant aux processus à l'origine directe des chutes de grêle au sol.

2- Les nuages porteurs de grêle

L'anatomie et le fonctionnement des nuages grêligènes ont fait et font toujours l'objet de nombreuses études. Les interrogations et les enjeux sont nombreux, en particulier en matière de prévention des chutes de grêle. La recherche en physique atmosphérique demande de gros moyens techniques et financiers. Les progrès dans la connaissance du fonctionnement des nuages sont réalisés lors des campagnes de prévention ou lors des tests de méthodes de lutte qui bénéficient de budgets substantiels. De la connaissance du mode de formation de la grêle va dépendre l'efficacité de la prévention.

Il n'est ni dans nos compétences ni dans nos moyens d'effectuer des recherches en la matière. Nous exposerons les résultats des recherches en portant notre attention sur les deux aspects principaux : les processus microphysiques responsables de la formation de la grêle et la dynamique des flux à l'intérieur du nuage.

2.1- Le cumulonimbus

Pour qu'il y ait formation de grêlons, il faut une température inférieure à 0°C dans le nuage. En France, en été, l'isotherme 0°C se trouve en moyenne à 3000, voire 4000 mètres d'altitude. Seuls les nuages à fort développement vertical sont capables de porter les gouttelettes d'eau à une telle altitude et de les y maintenir suffisamment longtemps pour que les grêlons aient le temps de se former. Si en hiver quelques cumulus congestus peuvent donner de petits grêlons, les averses de grêle d'été sont exclusivement dues à des cumulonimbus.

La grêle est donc liée aux phénomènes orageux et à la convection. L'évolution d'un nuage à grêle comprend trois phases (Mezeix J.F. et *alii*, 1986). La **phase initiale** associe en général une instabilité dans les couches basses surchauffées de l'atmosphère et une ascendance dynamique. L'élévation de l'air entraîne la condensation d'une partie de l'humidité atmosphérique ; des cumulus se forment. Le processus s'entretient partiellement de lui-même. La chaleur latente libérée par la condensation d'un gramme de vapeur d'eau produit en effet une énergie de 2500 joules. Les courants ascendants atteignent l'isotherme 0°C entre 3500 et 4000 m d'altitude. L'eau pure reste à l'état liquide (état dit de "surfusion") jusqu'à l'isotherme -35°C (vers 9000 ou 10 000m), seuil à partir duquel toutes les gouttelettes d'eau se congèlent. C'est entre ces deux seuils que la grêle se forme. La **phase de maturité** correspond au plus fort développement de la cellule.

Le sommet du nuage atteint 10 000 m d'altitude. Les précipitations au sol sont abondantes et la grêle peut surgir. La phase de déclin est marquée par un affaissement du cumulonimbus et des précipitations pluvieuses moins intenses.

2.2- Les processus microphysiques à l'origine de la grêle

2.2.1- Les noyaux glaçogènes

Les cristaux de glace à l'origine des grêlons se forment sur des noyaux glaçogènes. Ce sont de fines particules (0,1 à 30 micromètres) de silice, des bactéries ou des fumées industrielles (Soulage, 1957 ; Mezeix J.F. et *alii*, 1986). C'est leur structure cristalline proche de celle de la glace qui en fait des noyaux de congélation préférentiels. L'origine de ces noyaux de congélation est une question cruciale pour la recherche en matière de défense contre la grêle. Elle intéresse aussi le géographe-climatologue car elle montre les relations entre les sources (terrestres) d'aérosols et l'atmosphère.

Les concentrations en noyaux glaçogènes sont faibles et assez homogènes dans les parties moyennes et supérieures de la troposphère : un noyau par m³ à -5°C, 10 à -10°C, 100 à -15°C et environ 1000 par mètre cube autour de l'isotherme -20°C. Localement, des apports massifs dus à la présence de poussières d'origine désertique (Dessens J. et Pham Van Dinh, 1990), à une éruption volcanique ou à la proximité d'industries peuvent augmenter ces concentrations. Les faibles concentrations de particules de glace dans les nuages convectifs océaniques par rapport à ceux du continent sembleraient montrer que les noyaux issus des embruns (chlorure de sodium, de calcium, nitrate et sulfate d'ammonium) sont peu efficaces.

Un article de synthèse récent (Szyrmer W. et Zawadzki I., 1997) fait le point sur l'origine des noyaux glaçogènes présents dans l'atmosphère et sur les sources susceptibles d'augmenter leur concentration dans l'atmosphère. La plupart des noyaux glaçogènes sont d'origine naturelle et même en grande partie minérale (silicates) a-t-on pensé jusqu'à une époque récente. Mais il semblerait que la part des aérosols d'origine biogénique (bactéries en particulier) ne soit pas négligeable. Les auteurs reprennent les études de Rosinski (Rosinski et *alii*, 1986, 1987, 1988) qui signale l'augmentation de la concentration de noyaux glaçogènes atmosphériques (atmospheric ice-forming nuclei) sur les océans aux endroits de remontée des upwellings (observations faites dans le Pacifique et dans le Golfe du Mexique). Ces noyaux ne sont ni des bactéries ni des protéines mais leur origine biogénique ne fait aucun doute. Il se trouve que la zone d'alimentation en air

chaud et humide lors des phases grêligènes en France est située souvent au large du Maroc. C'est précisément le lieu de remontée des eaux froides de l'upwelling des Canaries. Il y aurait là peut-être matière à étudier les relations entre la production de noyaux à cet endroit et les orages à grêle en Europe du SW. Ces noyaux pourraient s'ajouter aux poussières d'origine saharienne dont le rôle dans les chutes de grêle a déjà été montré (Dessens J. et Pham Van Dinh, 1990). Un autre cas intéressant serait celui des incendies de forêt (Szyrmer W. et Zawadzki I., 1997) qui en fourniraient également de grandes quantités. On pense aux grands incendies de monte et de matorral en Espagne et leur coïncidence éventuelle avec des chutes de grêle dans les régions sous le vent (dont la France). Quant au rôle glaçogène des aérosols d'origine anthropique, il reste probable mais les nombreuses études qui leur sont consacrées arrivent à des résultats contradictoires. L'impact anthropique sur la concentration en noyaux glaçogènes n'est pas prouvé au delà de l'échelle locale.

2.2.2- Cristaux de glace et embryons de grêle

La formation de particules de glace se fait de trois façons (Roux F., 1991) : par *déposition* lorsque la vapeur d'eau se condense directement en phase glace sur le noyau glaçogène, par *congélation interne* lorsque le noyau glaçogène était déjà présent dans la gouttelette avant que celle-ci atteigne la température de congélation ou enfin par *contact* entre un hydrométéore et un noyau glaçogène. A -10°C , le nuage est encore essentiellement composé d'eau surfondue. Ce n'est qu'au niveau -35°C que tout le nuage est glacé (phénomène de glaciation homogène) soit à des altitudes proches de 9000 ou 10000 m.

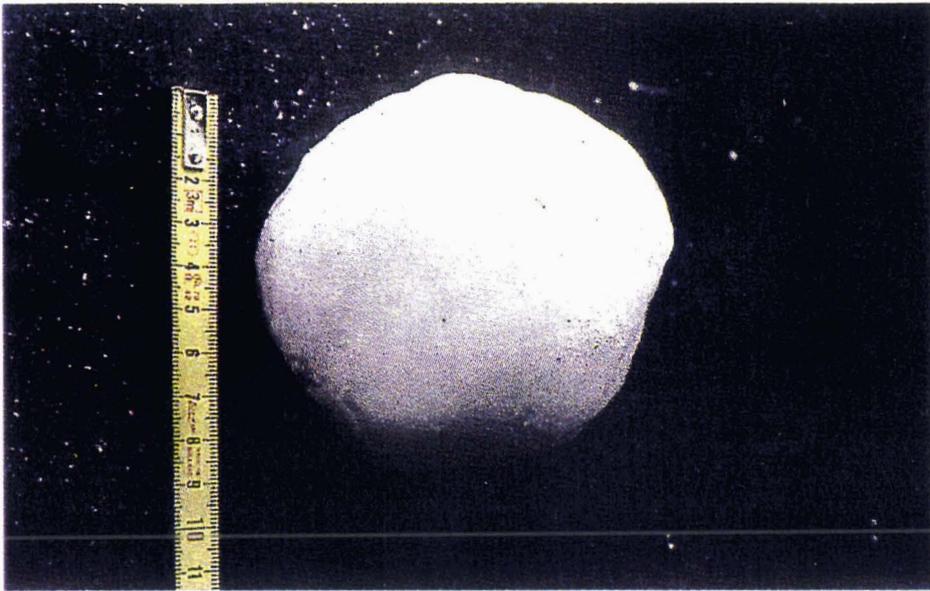
Entre les niveaux 0° et -20°C (soit respectivement 3500 m et 6500 m d'altitude en été) intervient le **processus de Bergeron** (du nom du physicien suédois qui le mit en évidence dans les années trente). Bergeron avait en effet découvert que dans un air inférieur à 0°C , la pression saturante de la vapeur d'eau en équilibre avec une particule de glace est plus faible que la pression saturante de la vapeur avec une gouttelette d'eau. Le cristal de glace "aspire", capte, la vapeur d'eau. Les gouttelettes d'eau surfondue environnantes s'évaporent pour rétablir la tension en vapeur d'eau. Ainsi se forment des embryons de grêlons de 100 micromètres de diamètre. Les avis divergent sur la rapidité du processus. Si Mezeix J.F. et *alii* (1986, p.304) affirment "qu'en quelques minutes, les cristaux atteignent plus de 100 micromètres de diamètre", F.Roux (1991, p.216) note que "ce mécanisme (...) nécessite plusieurs heures pour la formation d'hydrométéores

glacés suffisamment gros pour précipiter". Il ajoute que ce processus "est surtout efficace dans les nuages stratiformes (...) où l'intensité relativement faible des mouvements verticaux et la durée de vie beaucoup plus longue que celle des nuages convectifs lui laissent le temps d'agir". En fait, à l'échelle du cristal de glace, le phénomène peut être rapide mais la concentration en cristaux de glace restera faible s'il n'y a pas d'apport d'eau donc de renouvellement de l'air par des courants ascendants.

2.2.3- De l'embryon au grêlon

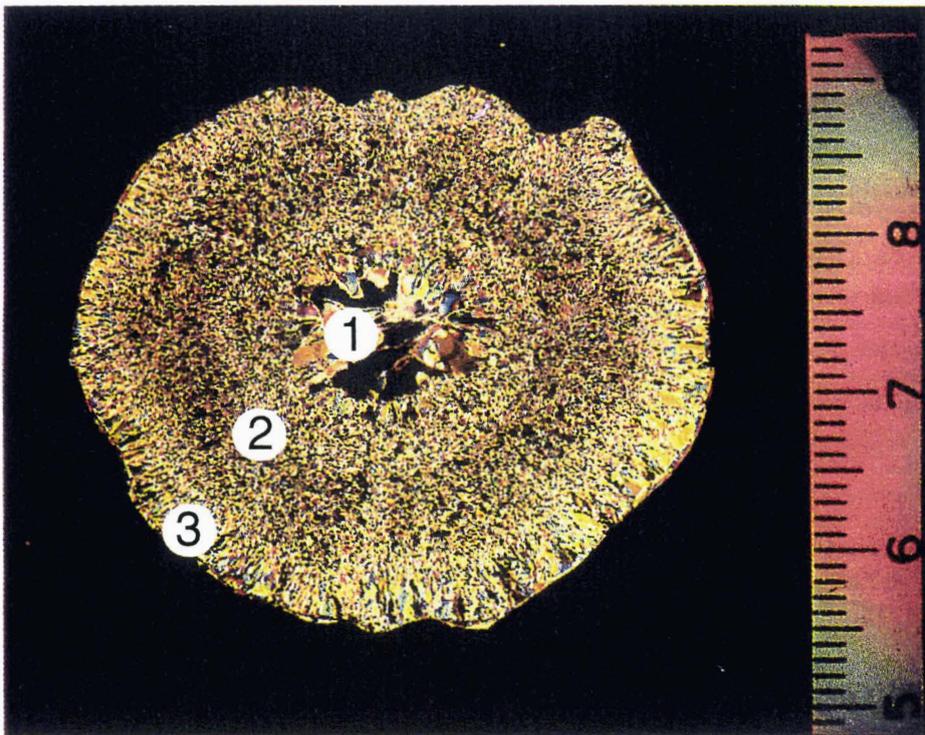
Pour assurer la formation des grêlons, il faut un apport de vapeur d'eau dans les couches froides du nuage. 90% de la vapeur d'eau contenus dans la troposphère sont concentrés dans les 6000 premiers mètres (Beltrando G. et Chemery L., 1995). Le rôle des courants ascendants est déterminant. Les phénomènes dynamiques à l'intérieur du nuage prennent le relais des processus microphysiques pour fixer le destin des embryons grêligènes. Le passage aux grêlons dépend de l'activité du cumulonimbus. Si les courants ascendants sont assez forts (40 km.h^{-1}) pour maintenir les embryons de grêlons en altitude, ceux-ci vont grossir soit par congélation directe de la vapeur d'eau soit par congélation de fines gouttelettes d'eau. Dans le premier cas, les cristaux de glace sont séparés de bulles d'air ce qui explique la faible densité (0,3 à 0,9) et l'aspect opaque du grêlon. Dans le second cas, l'eau congelée forme une pellicule de glace transparente à la surface de l'embryon. Le grêlon a alors une densité d'au moins 0,9.

La formation des grêlons est connue par l'analyse isotopique des bulles d'air contenues dans les pellicules de glace qui forment un grêlon. La majorité des grêlons se formerait entre les isothermes -10° et -25°C . On a longtemps pensé que, les conditions thermiques et hygrométriques variant dans le nuage, les grêlons étaient formés le plus souvent de plusieurs couches concentriques de glace différentes (rarement plus de trois couches). Les grêlons les plus simples et les plus nombreux, de taille courante (entre 5 et 10 mm de diamètre) et facilement observables sont constitués d'un noyau de glace "blanche" (ou translucide, résultant du tassement de fins cristaux de glace) entourée d'une pellicule de glace transparente et dure issue de la congélation directe d'eau ou de vapeur d'eau (photographie 3 et 4). Pour F. Roux (1991), les différentes couches concentriques du grêlon seraient plus le témoin d'un changement des conditions thermiques et hydriques à l'intérieur du nuage que la conséquence de nombreux déplacements verticaux dudit grêlon à l'intérieur du cumulonimbus. Le grêlon effectue rarement plus d'un aller retour vertical dans le nuage.



Cliché : Münchener Rück, 1984

Photographie 3 - Grêlon de neuf centimètres de diamètre
tombé sur Munich le 12 juillet 1984. Masse estimée à 300 g. (Echelle de représentation x 0,5)



Cliché : Münchener Rück, 1984

Photographie 4 - lame mince de grêlon vue au microscope polarisant

On observe plusieurs couches de nature cristallographique différente :

-1 : au centre, de gros cristaux de glace se sont agglomérés au noyau de congélation,

-2 : couches intermédiaires dues à l'accrétion d'eau en surfusion,

-3 : couche périphérique formée par la congélation d'eau liquide dans les basses couches de l'atmosphère.

(échelle de représentation : x 2)

2.3- La circulation à l'intérieur des cumulonimbus

2.3.1- Orages multicellulaires et supercellulaires

Le schéma de circulation de l'air dans les nuages convectifs le plus couramment repris est celui émis par Browning et Foote (1976). Les auteurs distinguent deux types d'orages susceptibles de donner des averses de grêle intenses : les orages multicellulaires et les orages supercellulaires.

Les orages multicellulaires sont formés par plusieurs cellules orageuses élémentaires qui coexistent à des stades différents de leur évolution. Une nouvelle cellule se développe sur le flanc droit d'une cellule arrivée à maturité. Cette dernière meurt donc à l'arrière gauche de la jeune cellule et ainsi de suite tant que les conditions atmosphériques le permettent. Chaque cellule a une durée de vie d'environ une heure. La production de grêle est assurée uniquement par les cellules "matures". Ces orages multicellulaires expliqueraient la disposition en "cœur de grêle" souvent observée au sol, chaque cœur de grêle, séparé du suivant de quelques kilomètres (Vinet F., 1994c), serait associé à l'activité d'une cellule mature (Young K.C., 1993).

2.3.2- La circulation de l'air et la formation de grêle dans une supercellule

Les supercellules sont responsables des chutes de grêle les plus vastes et les plus intenses. Elles ont une durée de vie pouvant atteindre plusieurs heures, ce qui implique une stabilité des conditions dynamiques à l'intérieur du nuage. L'enclume de ces super cumulonimbus culmine souvent à plus de 10 000 m d'altitude. Leur anatomie nous est connue par le modèle de Browning et Foote (figure 22).

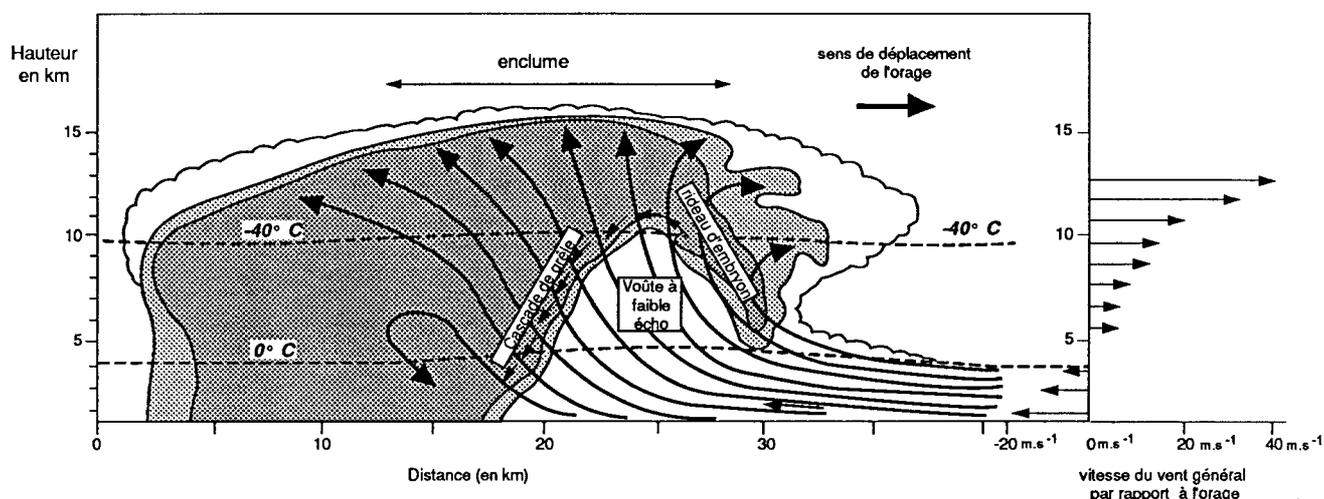
L'orage vu en coupe est dissymétrique. La zone active est "sous le vent synoptique". Sous la voûte externe, on peut distinguer trois zones.

La voûte à écho faible, ainsi dénommée car les réflectivités radar y sont faibles, trahit la présence des courants ascendants. Ils constituent le "moteur" de l'orage.

Tous les auteurs sont d'accord pour dire que de leur vitesse dépendra en partie la production grêlifère du nuage, cependant ils sont partagés sur la vitesse des courants verticaux ("updrafts")¹⁹ : Admirat P. et Waldvogel A. (1979) mentionnent des vitesses verticales de 6 à 8 m.s⁻¹ (22 à 30 km.h⁻¹) à la base des orages multicellulaires et 20 m.s⁻¹ (70 km.h⁻¹) au maximum d'intensité du flux vers 7 kilomètres d'altitude. Pour une

¹⁹ Cependant, il n'est pas toujours clairement précisé s'il s'agit de la vitesse réelle du courant ou de la composante ou résultante verticale de ce courant variable en fonction de son inclinaison.

Fig. 22 - anatomie d'un cumulonimbus grêligène



tiré de Browning et Foote, 1976

supercellule, les chiffres respectifs seraient de 15 m.s^{-1} (54 km.h^{-1}) à la base et 35 m.s^{-1} (125 km.h^{-1}) en vitesse maximale vers 8000 m. Les vitesses verticales maximales pourraient dépasser 100 m.s^{-1} dans des cumulonimbus dont le sommet crève la tropopause (Young K.C., 1993). Toutes ces vitesses sont calculées dans les orages américains du Middle-West. En Moyenne Garonne²⁰, les vitesses d'ascendance dans les cellules sont en moyenne de 5 à 15 m.s^{-1} avec des maxima de 18 m.s^{-1} .

A l'avant de ces courants se trouve le "rideau" ou la **EFR** (Embryo Formation Region) des Anglo-saxons. C'est la zone d'accumulation des embryons de grêle.

C'est dans la **Hail Growth Zone** que les grêlons grossissent par captation de l'humidité apportée par les courants ascendants. La limite supérieure de la HGZ est unanimement fixée par les auteurs vers l'isotherme -40°C . En revanche, la limite inférieure varie de -10° à -25°C selon les sources. Il reste que l'altitude minimale de formation massive de la grêle est d'au moins 6000 mètres.

La durée de vie du grêlon depuis le stade de cristal de glace jusqu'à l'arrivée au sol est d'une demi-heure à une heure. Depuis le "rideau", les embryons ayant atteint un poids suffisant tombent. Trois destins s'offrent à eux :

²⁰ Chiffres enregistrés par l'Association Climatologique de Moyenne Garonne.

- ils retombent à l'avant du rideau. N'étant pas happés par le courant ascendant, ils fondent avant d'avoir atteint le stade de grêlon,
- s'ils s'insèrent dans le coeur d'un courant ascendant trop rapide, les embryons sont projetés directement vers le haut du cumulonimbus, vers l'enclume, c'est-à-dire hors de la HGZ (Hail Growth Zone),
- enfin les embryons qui ne sont pas entraînés dans l'enclume du cumulonimbus sont "recyclés" dans la HGZ située à l'avant .

La phase de dissipation du nuage est caractérisée par le renforcement des courants d'air descendants accompagnant les chutes de grêle et de pluie. Mis à part quelques orages de grêle secs, c'est-à-dire constitués exclusivement de grêle, la majorité des chutes de grêle sont accompagnées de chutes de pluies. La grêle ne forme le plus souvent que 10 à 20% du total des précipitations fournies par un cumulonimbus.

D'après Young K.C. (1993), la répartition de la grêle au sol dépend de la concentration en embryons dans le nuage. Si la concentration est basse, le nuage absorbera peu d'eau liquide car la vapeur d'eau ne trouvera pas assez d'embryons pour s'y fixer. La croissance des particules sera la même quelle que soit leur trajectoire dans le nuage (haute ou basse). Cette croissance dépendra du temps de séjour des grêlons dans le nuage. Les particules ayant des trajectoires hautes donneront des grêlons de plus gros diamètre qui tomberont plus tard dans l'orage. C'est le "positive hail size sorting".

Si la concentration en embryons est forte, c'est le phénomène inverse. Les embryons à trajectoire basse captent l'humidité au détriment des embryons des couches plus élevées. Les premiers seront plus gros et tomberont au début de l'orage, c'est le "negative hail size sorting". Ce deuxième cas est plus fréquent (Vinet, 1994c) .

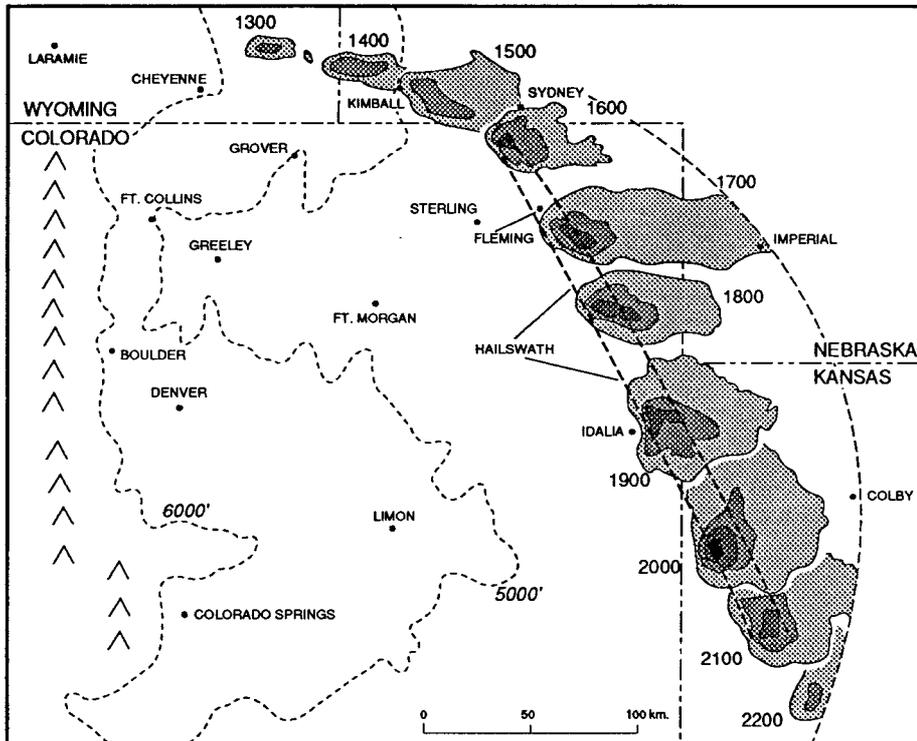
2.4- Le déplacement des nuages grêligènes

2.4.1- Le rôle du vent en altitude

Les supercellules sont à l'origine de chutes de grêle sur de vastes espaces et en continu : les couloirs de grêle. Ces couloirs de grêle suivent un tracé globalement rectiligne ou légèrement incurvé vers la droite. C'est le vent synoptique entre 500 et 700 hPa qui commande la direction et la vitesse de déplacement des supercellules. Leur trajet dévie de 30° sur la droite du vent dominant. On voit cet angle sur les enregistrements radar en confrontant l'orientation des panaches des supercellules et celui du trajet général de l'orage (figure 23). Cette dictature du vent à 5000 ou 6000 mètres est observée dans

toutes les régions de moyennes latitudes de l'hémisphère nord (voir pour la Grèce : Rudolph R.C. et Sioutas M.V., 1993)

Fig. 23 - Vent de la circulation générale et trajectoire des orages



Exemple de l'orage du 12 juin 1972 tiré de Browning et Foote (1976)²¹

La vitesse de déplacement du nuage est inférieure de 20 % à celle du vent à 600 hPa. Ces caractéristiques sont essentielles en matière de lutte anti-grêle.²²

Outre le fait qu'il conditionne la trajectoire des supercellules orageuses, un fort vent en altitude a plusieurs effets favorisant l'activité et la pérennité des cumulonimbus :

- il améliore le tirage de l'orage et donc l'ascendance.
- en évacuant latéralement une partie des courants ascendants, un fort vent d'altitude dispense de l'établissement de courants descendants (qui annihileraient le cumulonimbus) et stabilise les courants ascendants.
- il appauvrit le nuage en noyaux de congélation, renforçant le diamètre des embryons existants et potentiellement la grosseur des grêlons au sol.

²¹ voir aussi GNEFA expérience grossversuch IV rapport technique n° 45 juin 1982 p. 50 orage du 9/9/79

²² Voir note de J. Dessens, Compte rendu de la journée ANELFA, 1996 p. 6 à 8

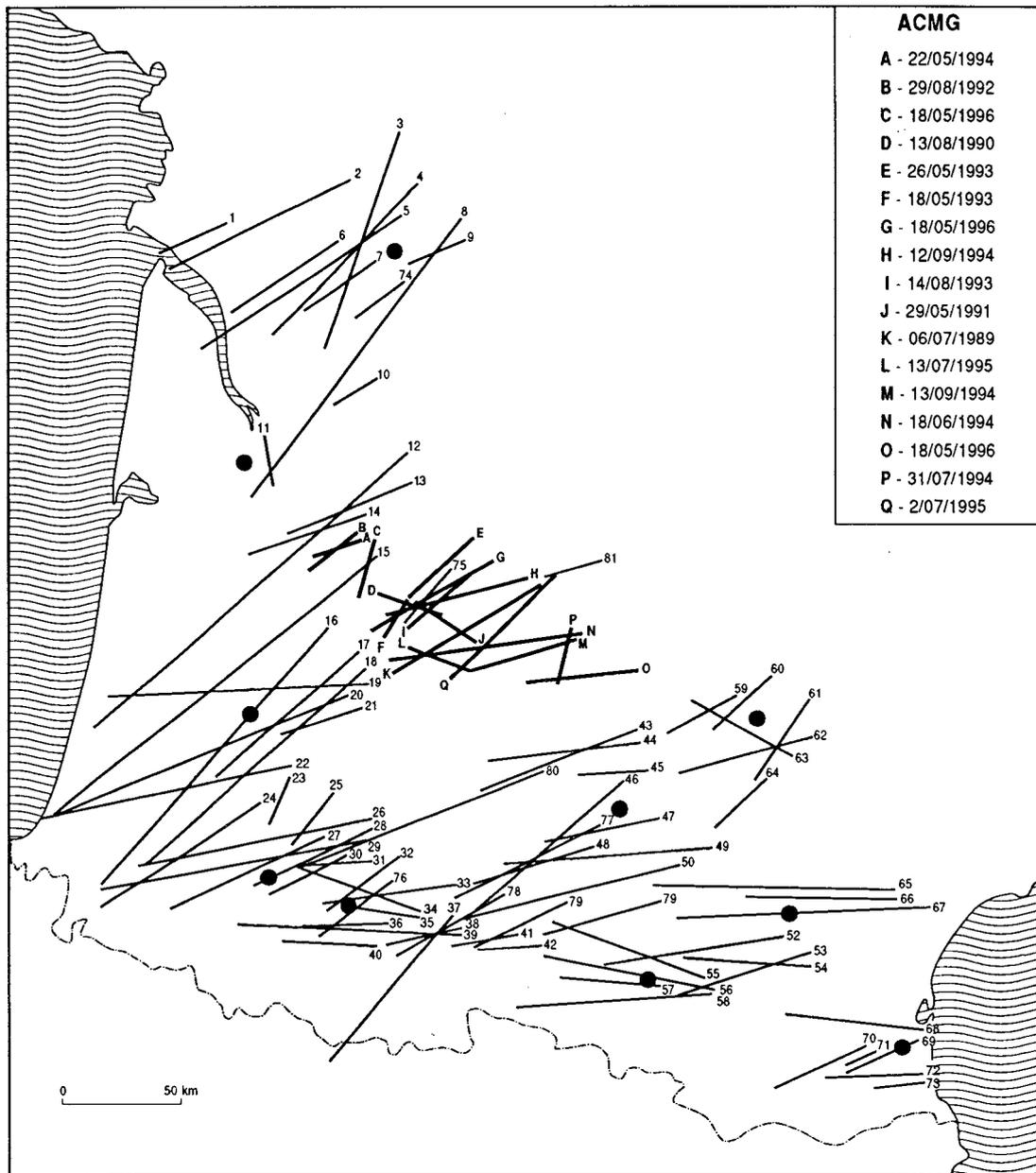
Le cisaillement, c'est-à-dire des différences de vitesse et d'orientation des vents à différents niveaux, favoriseraient également l'instabilité dans la troposphère.

Si un fort vent en altitude a un effet certain et accompagne nombre d'orages violents, il n'est une condition ni nécessaire, ni suffisante à l'occurrence de fortes chutes de grêle. On a vu (18 juin 1994 dans le sud-ouest de la France) de fortes chutes de grêle sans vent fort en altitude. Ces incertitudes ne manquent pas de poser des problèmes pour la prévision à court terme des orages grêligènes.

2.4.2- Les trajectoires des orages à grêle dans le sud-ouest de la France (carte 45)

L'identification de la trajectoire au sol des grosses averses de grêle dépend de la maille des témoins (grêlimètres, cultures, observateurs volontaires ou involontaires) La reconstitution des trajectoires est possible grâce à la presse locale et régionale pour les plus graves orages. Nous ne l'avons pas fait systématiquement, mais ce travail utilisant les archives de presse conservées au GNEFA serait intéressant notamment pour les régions non couvertes par les réseaux grêlimétriques. En revanche, pour les régions couvertes par ces réseaux, la détermination des trajectoires des principales averses est assez aisée. Le sens de progression des petites averses n'est pas toujours facile à déterminer, la marge d'imprécision des heures de chute étant trop forte dans un périmètre restreint. La carte des trajectoires d'orages à grêle dans le Sud-Ouest (carte 45) reprend celle établie par J. Dessens grâce aux archives de l'ANELFA. Avant 1990, les grands orages à grêle étaient repérés par les dégâts aux cultures. Depuis, cette méthode est relayée par les données des réseaux grêlimétriques. Nous avons ajouté 17 des principales averses de grêle recensées par le réseau ACMG (A à Q).

La carte montre d'abord une dominante SW-NE des trajectoires. La direction moyenne est de N71°. Suivant les régions et les situations météorologiques, les trajectoires d'orages varient autour de ce chiffre. De direction N60° dans les Charentes, les orages à grêle sont de direction moyenne N63° près du littoral atlantique. Au-delà, vers l'intérieur des terres, la direction s'incurve vers l'est. En Moyenne-Garonne, la direction moyenne est de N66°. Majoritairement SW-NE en Lot-et-Garonne, elles s'infléchissent vers l'est (N85°) dans le Tarn-et-Garonne. Pour le bassin de la Garonne les trajets confirment ceux donnés par Husson D. et *alii* (1984) dans le Lot-et-Garonne.



Source : ANELFA (dont brochure annuelle n°40, 1992) ET ACMG

1 - 07/08/1970	15 - 06/07/1989	28 - 27/06/1973	42 - 13/07/1974	56 - 21/05/1971	69 - 07/09/1972
2 - 28/08/1970	16 - 19/08/1971	29 - 13/08/1986	43 - 31/05/1961	26/09/1965	70 - 20/06/1959
3 - 13/07/1982	17 - 09/09/1956	30 - 08/05/1981	44 - 10/07/1962	57 - 01/09/1965	71 - 23/05/1990
4 - 26/06/1970	18 - 06/07/1989	31 - 25/06/1983	45 - 14/06/1970	58 - 03/07/1963	72 - 05/07/1964
5 - 22/09/1971	25/06/1983	32 - 31/05/1961	46 - 20/06/1957	59 - 30/05/1974	73 - 23/08/1987
6 - 17/05/1975	19 - 11/06/1987	33 - 08/04/1987	47 - 14/06/1970	60 - 27/08/1968	74 - 31/05/1992
7 - 06/05/1952	20 - 27/06/1973	34 - 27/05/1985	48 - 05/05/1966	61 - 03/06/1981	75 - 27/05/1993
8 - 07/05/1952	21 - 31/05/1973	35 - 12/05/1967	49 - 01/06/1964	62 - 14/06/1980	76 - 28/06/1993
9 - 16/08/1989	22 - 09/08/1967	36 - 05/05/1984	50 - 11/08/1960	63 - 01/08/1973	77 - 02/07/1995
10 - 16/08/1989	23 - 11/08/1986	37 - 05/07/1987	51 - 14/06/1980	64 - 10/06/1982	78 - 28/06/1993
11 - 07/05/1988	24 - 13/08/1969	38 - 06/09/1975	52 - 27/09/1965	65 - 14/06/1980	79 - 18/06/1994
12 - 27/06/1973	25 - 16/05/1971	39 - 21/06/1997	53 - 05/08/1968	66 - 07/05/1966	80 - 02/07/1995
13 - 02/05/1973	26 - 07/08/1989	40 - 04/06/1974	54 - 19/05/1956	67 - 17/05/1955	81 - 02/07/1995
14 - 08/05/1981	27 - 13/08/1969	41 - 03/05/1969	55 - 06/07/1967	68 - 18/06/1977	



Carte 45 - Trajectoires des principaux orages à grêle observés de 1952 à 1996 dans le sud-ouest de la France

Ces trajectoires sont toutes parcourues d'ouest en est

Au pied des Pyrénées, la direction des traces d'orages à grêle est en moyenne N73°. Cette moyenne combine des trajectoires quasi ouest-est (majoritaires) et quelques orages de direction N40° dont celui du 5 juillet 1993 sur lequel nous reviendrons. Dans l'Aude, les trajectoires sont toutes ouest-est. Enfin, les orages à grêle des Pyrénées-Orientales ont des trajectoires plus courtes ou plutôt difficilement repérables du fait du relief (pas de culture-témoin).

Quelques trajectoires d'orages ont une direction N110° à N125° (en Moyenne-Garonne : D, J, L et dans le Tarn : 63). Ce ne sont pas les orages les plus puissants. Parmi ceux-ci, seul celui du 29 mai 1991 (tracé "J") est en concordance avec la direction du vent à 500 hPa (N100°). Pour les autres, le vent est bien de direction SW-NE en altitude. La différence d'angle entre la trace au sol et le vent en altitude pourrait être due à des erreurs dans l'établissement des tracés (heures incorrectes...) ou au changement brutal des conditions de circulation en altitude entre 12 heures UTC (heure de la carte d'altitude) et l'heure de l'averse. Globalement, les trajectoires sont conformes aux vents dominants en altitude lors des phases orageuses avec le décallage de 30° environ vers la droite que nous avons déjà signalé.

2.4.3- La trace de la grêle au sol

2.4.3.1- La longueur des trajets

La longueur moyenne des trajectoires des orages à grêle est de 64 kilomètres. C'est un chiffre par défaut qui concerne les plus gros orages. En effet, il est difficile de connaître toute la trajectoire des orages surtout dans les secteurs peu peuplés (océan, forêt, montagne...). Même en tenant compte de ces réserves, les trajectoires sont plus longues en moyenne sur le littoral atlantique et dans l'Aude. Peut-être la faible rugosité dans le premier cas et un phénomène de canalisation entre Pyrénées et Massif Central dans le second expliqueraient les trajectoires plus longues sans doute révélatrices d'une plus grande vitesse de déplacement. Ceci suppose que les aspérités de surface agissent sur la vitesse du vent en altitude qui rappelons-le dirige les trajets des orages. Les trajectoires les plus courtes sont observées au pied des Pyrénées où elles s'orientent souvent vers l'est. Faut-il y voir un effet de freinage (et donc de déviation) par les Pyrénées ou le fait que les orages s'y déclenchent plus tôt alors que le flux d'altitude n'est pas encore bien établi ? Il faut enfin remarquer la coïncidence entre la structure "en éventail" des trajectoires et celle des températures maximales moyennes de l'air en été.

Dans les autres régions françaises, les trajectoires sont connues pour les principaux orages et peuvent être reconstituées par les informations tirées de la presse. Les trajectoires des plus grandes averses de grêle sont SW-NE. Quant à la longueur des zones grêlées, elle peut dépasser 100 km pour les orages les plus graves.

2.4.3.2- Les coeurs de grêle

Les averses de grêle s'étirent sur un couloir de quelques kilomètres de largeur sur quelques dizaines de longueur la plupart du temps. L'énergie de la grêle n'est pas homogène à l'intérieur de l'averse. Les nombreuses expériences de mesure de la grêle au sol que nous avons évoquées (en particulier Grossversuch IV) ont mis en évidence l'existence de "coeur de grêle" à l'intérieur des averses. Ces coeurs de grêle dessinent au sol des ellipses allongées dans la direction du vent. Diamètre des grêlons, énergie de la grêle, nombre de grêlons au m²... tous ces paramètres s'amplifient dans ces zones de quelques hectares à quelques kilomètres carrés. La circulation à l'intérieur du cumulonimbus explique la trace de la grêle au sol et notamment l'hétérogénéité des averses.

Nous avons montré (Vinet, 1994c) qu'il était possible de cartographier avec précision de petites averses de grêle (et de plus vastes *a fortiori*) à partir des dégâts de la grêle dans des zones de monoculture (en l'occurrence la vigne). Les coeurs de grêle correspondent à des zones de destruction presque totale des cultures.

Les témoignages des agriculteurs, l'examen des dégâts sur les parcelles cultivées laissent parfois penser que la variabilité spatiale des énergies de la grêle est encore plus forte. A dix mètres près, sur une même parcelle, la culture peut avoir subi des dégâts allant du simple au double. Ces "micro-coeurs" sont difficiles à mettre en évidence tant le nombre d'autres paramètres intervenant est grand. Outre l'état de la culture, entre en jeu le vent. Il est probable que ces micro-coeurs correspondent à des salves de grêlons projetés par des rafales de vent.

2.4.3.3- Averses de grêle et forte intensité pluviométrique

La comparaison des champs pluviométriques et grêlimétriques lors d'un épisode orageux (carte 46 p.203) montre à l'évidence toute la complexité du phénomène orageux à échelle fine. Il n'y a pas de rapport net entre les fortes intensités pluviométriques et les fortes chutes de grêle. Il semble, dans cet exemple, que les chutes de grêle se situent à l'aval-vent (le vent général venant du sud-ouest) de noyaux pluviométriques : cela se voit

au nord de Castelsarrasin, près d'Agen et de Nérac. Mais l'intensité des chutes de grêle n'est pas proportionnelle à l'intensité pluviométrique ; par ailleurs, tous les coeurs pluviométriques ne sont pas accompagnés de chutes de grêle. Il est difficile de dire si la grêle n'est qu'une expression paroxysmique de l'activité orageuse sans approfondir sérieusement les recherches.

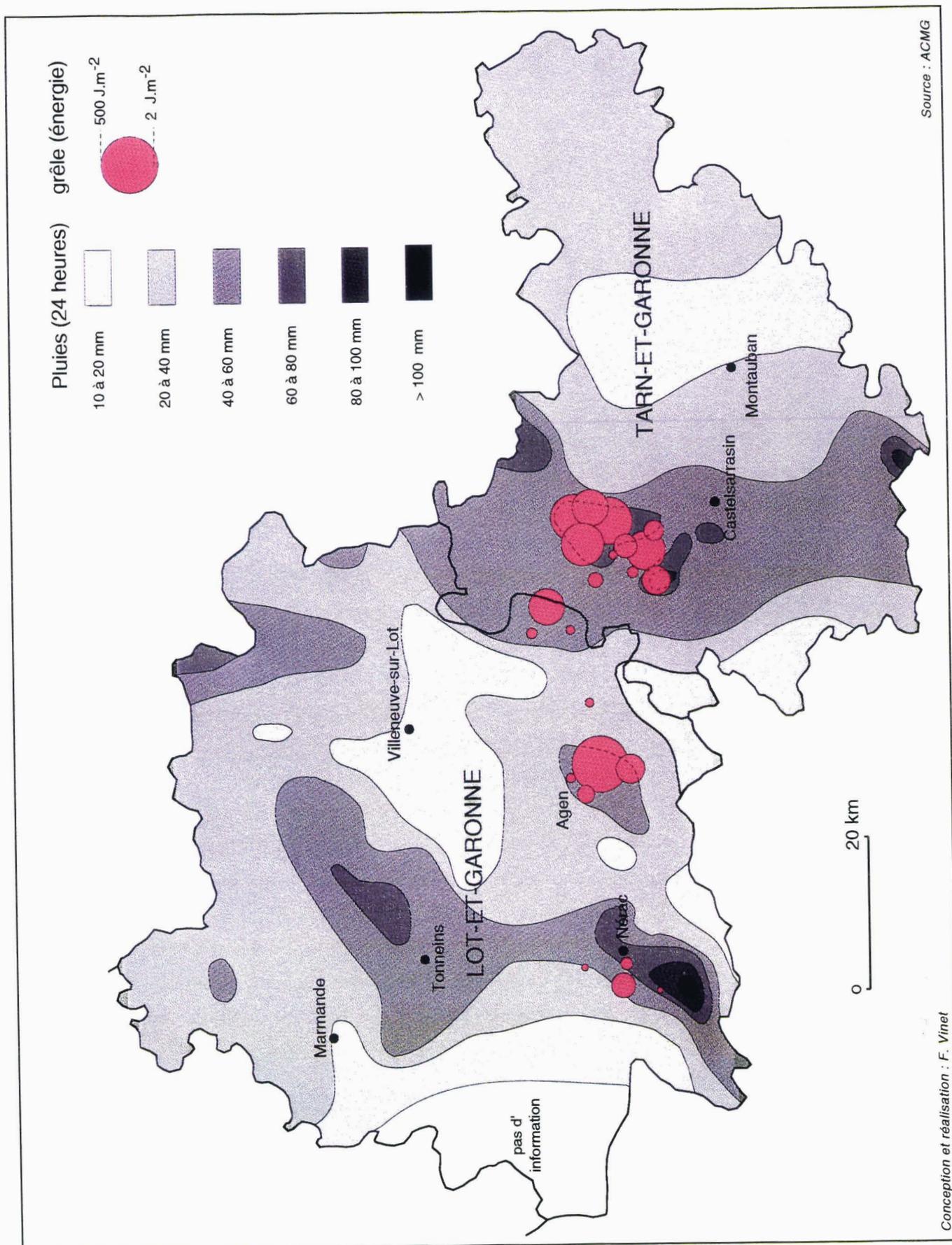
Conclusion

Les cumulonimbus supercellulaires sont responsables des averses de grêle les plus vastes et les plus intenses. A partir de 8000 mètres d'altitude, toutes les précipitations sont à l'état de glace. Les facteurs déterminant l'apparition de grêle dans le nuage sont : la puissance des courants ascendants, la densité en embryons, le vent en altitude. Le rôle de ce dernier est toutefois discuté. Mais tous les cumulonimbus ne donnent pas de grêle au sol. S'il est relativement aisé de définir des paramètres nécessaires à l'apparition de grêle, aucun n'est suffisant. Rien ne permet de dire avec certitude pourquoi tel cumulonimbus donnera des chutes de grêle et pourquoi tel autre ne sera que pluvigène.

Si les indices d'instabilité et de prévision d'orage (Sénési S. et Thépenier R.M., 1997) se répandent et deviennent de plus en plus efficaces, les indices prédicteurs de grêle (Mezeix J.F. et *alii*, 1979) sont complexes à mettre en oeuvre et ne sont pas employés par les services météorologiques. Par défaut, toute situation propice à la formation de cumulonimbus est considérée comme potentiellement grêligène. C'est, en général, faute de mieux, le parti pris des prévisionnistes.

Il serait intéressant, mais ce n'est pas l'objet de notre travail, d'étudier les rapports entre la grêle et les différentes manifestations de l'activité orageuse. Il s'agit là d'un domaine de recherche à venir d'autant plus prometteur que les outils se sont développés (radars, réseaux de détection de l'activité électrique orageuse).

De même se pose la question des influences des particularités géographiques sur les cumulonimbus. Les aspérités de la surface terrestre peuvent-elles amplifier localement l'activité orageuse et renforcer les chutes de grêle ? Peut-on mettre en évidence et expliquer des différences *locales* de fréquences et d'intensité de la grêle en relation avec les particularités géographiques telles que le relief ou la présence de forêt ? En d'autres termes, ces particularités géographiques sont-elles susceptibles d'avoir une influence telle que les statistiques grêlimétriques s'en ressentent à l'échelle locale (quelques dizaines de kilomètres) ?



Carte 46 - Fortes pluies et chutes de grêle en Moyenne-Garonne le 18 juin 1994

3- La sensibilité de l'aléa-grêle aux particularités géographiques locales

3.1- Définition du problème

3.1.1- Climat et particularités géographiques

Les rapports entre les particularités géographiques et les paramètres climatiques sont évidents et démontrés. La décroissance de la température avec l'altitude est un phénomène constant et universel. A l'échelle de la France, la carte des températures moyennes ou de la pluviométrie se calque dans ses grands traits sur celle des altitudes. De même la carte pluviométrique de la France se superpose à celle des altitudes de façon si prétendument parfaite que la première est directement extrapolée de la seconde par la méthode AURELHY (Bénichou P. et Le Breton O., 1987) qui a été développée et améliorée depuis. Ces généralités sont valables pour les moyennes ou les totaux annuels, mais si l'on descend à une échelle temporelle ou spatiale plus fine, nuance fait loi. En effet, les inversions thermiques en montagne, l'apparition d'optimum ou maximum pluviométriques sur les versants exposés aux flux humides... montrent que cette relation entre relief et climat n'est pas simple. La méthode AURELHY elle-même prend en compte la configuration du relief, les expositions... Cette influence du relief est-elle extensible aux manifestations orageuses et à la grêle ? D'autres particularités géographiques (présence de forêts ou d'agglomérations urbaines) peuvent-elles influencer la fréquence et l'intensité de la grêle ?

3.1.2- Orages et particularités géographiques : d'un déterminisme à l'autre

De nombreux auteurs dès les années 1930²³ ont multiplié les études de cas montrant la sujétion des trajectoires d'orages ("couloirs orageux") aux particularités géographiques (topographie, forêt, lac, type de roche..). Dans un registre nettement moins scientifique, la tradition orale de nos campagnes est pleine de ce type d'anecdotes géo-climatologiques : telle parcelle de vigne sera régulièrement touchée par la grêle car située à deux pas d'un lac tandis que le voisin se félicitera du rôle salvateur de la même étendue d'eau qui a éloigné l'orage funeste. C'est souvent le dernier orage qui fait loi. La sagesse populaire a les limites de sa mémoire. Pour revenir aux études des années trente (celles de Gassiès sont abondamment reprises par Pédelaborde dans sa thèse sur le

²³ voir Dauzères (1931). L'auteur met en évidence pour quelques orages une relation entre les chutes de grêle et substrat géologique. Cette corrélation s'observe en l'absence de vent.

Bassin parisien, 1957), leur philosophie n'était pas exempte d'un certain déterminisme naturel, fort en vogue à l'époque, une sorte de "droit du sol" météorologique. Dauzère C. (1931) affirme en conclusion d'un article sur les relations entre la géologie et les phénomènes orageux : "Un terrain calcaire constitue donc en définitive le meilleur des paragrêles, comme il est le meilleur des parafoudres". Ce point n'a pas reçu à notre connaissance de confirmation et mériterait à tout le moins une sérieuse remise en cause.

La plupart des manuels et ouvrages de météorologie (Triplet J.P. et Roche G., 1986) ou de climatologie (Guyot G., 1997) reprennent les recherches effectuées par P. Pédelaborde (1957) et Gisèle Escourrou (1981) ou bien s'arrêtent, pour les ouvrages les plus généraux, aux climats de montagne. Tous les auteurs, d'ailleurs pour la plupart des climatologues-géographes (Pédelaborde P., Escourrou G., Gravier J.) ayant travaillé sur les trajectoires des orages reconnaissent que "par sa structure, l'orage est un phénomène indépendant du relief et qui relève de la circulation générale" (Pédelaborde P., 1957, p.459). Les nouvelles théories de fonctionnement météorologiques de l'atmosphère (Joly A., 1995) laissent peu de place au déterminisme géographique, lui substituant le déterminisme "chaotique" des lois d'écoulement des fluides. Entre le déterminisme géographique des uns et celui, "stochastique", des autres, regardons les arguments et les faits qui commandent le déclenchement et l'évolution des orages à grêle.

3.1.3- Des arguments contradictoires

Les connaissances en matière de fonctionnement des orages laissent ouvert le débat.

D'un côté, plusieurs arguments incitent à la prudence quant aux rapports entre les éléments du milieu et les orages grêligènes. La trajectoire des orages (voir ci-dessus) est souvent rectiligne et dépend du vent au niveau 600 hPa, ce qui exclut toute intervention décisive des particularités topographiques locales comme la canalisation des averses de grêle ou le déclenchement par une vallée. Par ailleurs, la taille des supercellules orageuses génératrices de grêle (10 à 12 000 mètres de hauteur) laisse dubitatif quant aux répercussions possibles du franchissement d'un talus d'une trentaine de mètres²⁴ de commandement. Cette répercussion n'est d'ailleurs pas immédiate. Si l'on suppose que les particularités géographiques ont une influence (quelle qu'elle soit), il faut ajouter le temps de réaction de la cellule orageuse face à cette particularité. Compte tenu des vitesses de circulation à l'intérieur de l'orage ce délai pourrait être d'une demi-heure au minimum. Or pendant cette demi-heure, l'orage s'est déplacé d'une vingtaine de kilomètres. L'effet d'une forêt, du passage sur un lac ou sur une colline ne devrait donc théoriquement se

²⁴ C'est le seuil inférieur donné par Pédelaborde P. (1957, p.458)

faire sentir qu'à 20 kilomètres sous le vent de l'orage. Cet argument élimine le cas des aspérités géographiques trop petites pour que leur effet soit examiné.

Cependant, plusieurs arguments montrent que les chutes de grêle sont sensibles aux phénomènes de surface. Le rythme nyctéméral des chutes de grêle prouve le rôle de la thermoconvection, ce que J. Gravier appelle "le bouillonnement thermoconvectif des basses couches" (1986, p.64). Les situations de marais barométrique en basses couches majoritaires lors des journées grêligènes sont favorables à l'expression de ces particularités géographiques. Par ailleurs, les phénomènes d'ascendances, de vents thermiques... sont bien connus des vélivoles qui savent bien jouer des comportements thermiques des différents milieux (Combes L. et Vigneau J.P., 1994).

Aucun argument n'est définitif. Nous allons avec prudence examiner les faits.

3.1.4- Perspectives d'étude

Les particularités géographiques peuvent exercer leur influence selon trois modalités :

- déclencher ou amplifier les chutes de grêle
- atténuer ou empêcher les chutes de grêle
- guider le trajet des averses de grêle

Sachant que, du fait du déplacement rapide des averses de grêle, ces effets peuvent être différés dans le temps et dans l'espace, en général vers l'aval-vent, il faut d'abord distinguer trois types d'interactions possibles entre les données topographiques et la grêle :

- la rugosité : G. Escourrou (1981) souligne l'efficacité de la rugosité dans l'augmentation des précipitations entre le littoral et le proche intérieur. Cet effet se retrouve-t-il pour la grêle dans le Sud-Ouest ?

- la grêle et l'altitude. Y a-t-il augmentation (ou diminution) des chutes de grêle avec l'altitude ? Peut-on prouver l'existence d'un "optimum grêlimétrique" ?

- la grêle et le relief. Les orages grêligènes sont-ils favorisés par certaines configurations topographiques (vallée, forte pentes...) ?

Outre ces trois angles d'approche, se pose la question des relations entre conditions synoptiques et particularités géographiques. Quelles sont les conditions synoptiques (type de circulation) favorables ou nécessaires à l'expression des effets topographiques ? Pour un type de circulation donné, quelle est la réponse grêlimétrique des versants au vent et sous le vent ?

Nous avons abordé dans l'étude synoptique le rôle du relief à l'échelle régionale et macrorégionale : rôle des Pyrénées, configuration topographique du Sud-Ouest très ouverte à l'océan... Nous examinerons ici ce que les mesures des chutes de grêle dont nous disposons nous apprennent sur les influences des facteurs géographiques locaux : forêts, vallées petites et moyennes (ordre de grandeur 50 km au maximum).

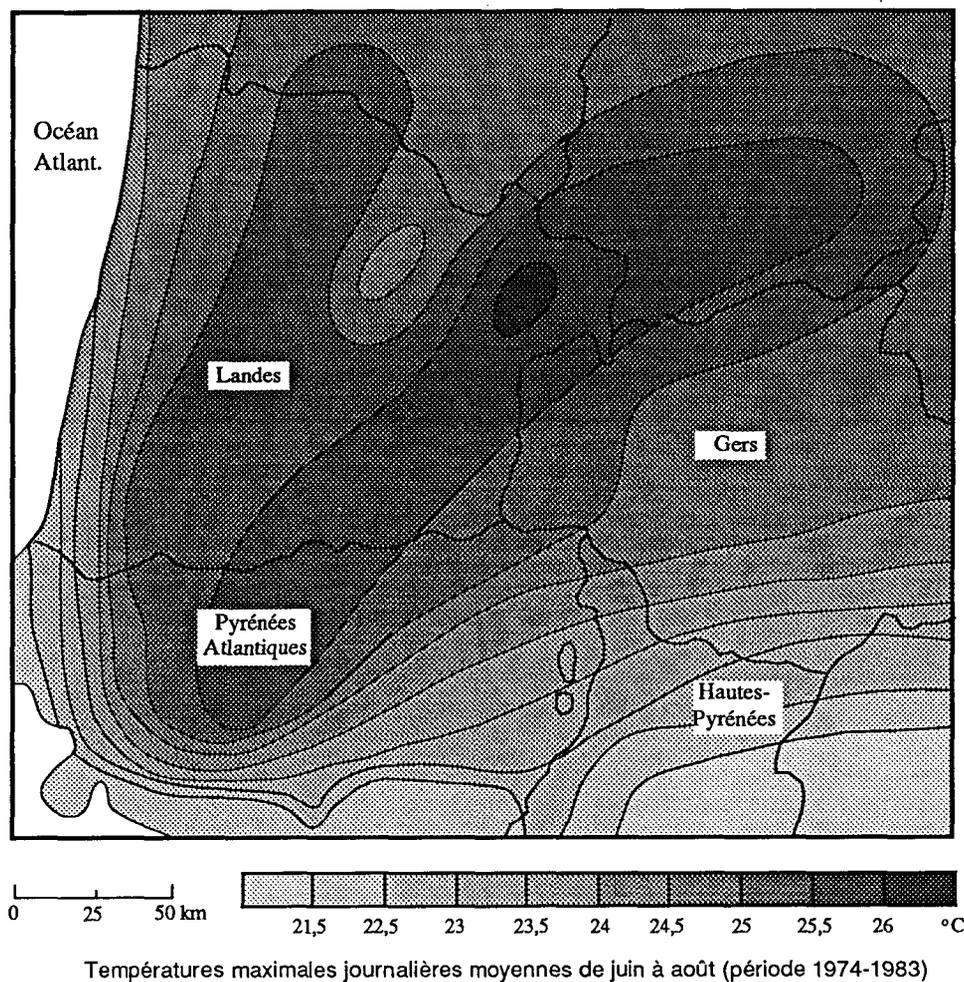
3.2- L'influence des particularités topographiques locales sur la grêle

3.2.1- Grêle et rugosité

L'étude des occurrences de grêle Météo-France (chapitre 1) avait semblé confirmer l'hypothèse d'un phénomène de rugosité dans le Sud-Ouest par la mise en évidence d'une dorsale grêlimétrique entre les Pyrénées et la Gironde. En fait, il semblerait que, plus que la rugosité, ce soit la continentalisation qui intervienne par l'augmentation des températures maximales favorables à la convection. En effet, l'augmentation de la grêle entre littoral et intérieur correspond à une diagonale de températures estivales élevées (fig. 24).

De plus, malgré l'absence d'information sur le Gers tout laisse penser que la fréquence et surtout l'intensité des chutes de grêle ne faiblissent pas vers l'est. Seul un fléchissement est constaté dans l'est de la Haute-Garonne *a priori* moins grêlifère que l'ouest du département. Une étude de Trachez B. (1974) sur l'influence de la rugosité et du relief sur les orages à grêle ne conclut pas sur le rôle grêligène de la rugosité : "la rugosité du sol n'est pas (et de loin) le seul paramètre actif et son influence ne se fait peut-être sentir qu'en *n*^{ième} position parmi les autres facteurs"(p.30). L'augmentation des chutes de grêle à partir de Mont-de-Marsan s'explique par le renforcement de la thermoconvection, elle-même favorisée par le rôle moins efficace des entrées océaniques susceptibles de refroidir les basses couches tôt dans la journée. Le flux de Sud-Ouest trouve avec ce noyau thermique chaud un terrain favorable à l'instabilité. Plus qu'un effet de la rugosité, on a ici une conséquence de la configuration topographique régionale du Sud-Ouest (rôle abritant des Pyrénées, ouverture aux extrémités occidentales et orientales).

De même, le Bassin parisien reçoit plus de grêle dans sa partie occidentale qu'en son centre. La maille très lâche des stations Météo-France n'exclut pas des effets locaux ou des différences de comptage. Cette répartition géographique serait à confirmer par l'étude des spectres grêlimétriques (relevé des diamètres dans les TCM) et par l'étude d'autres paramètres climatiques *a priori* liés à la grêle (fortes intensités pluviométriques d'été, orages...).



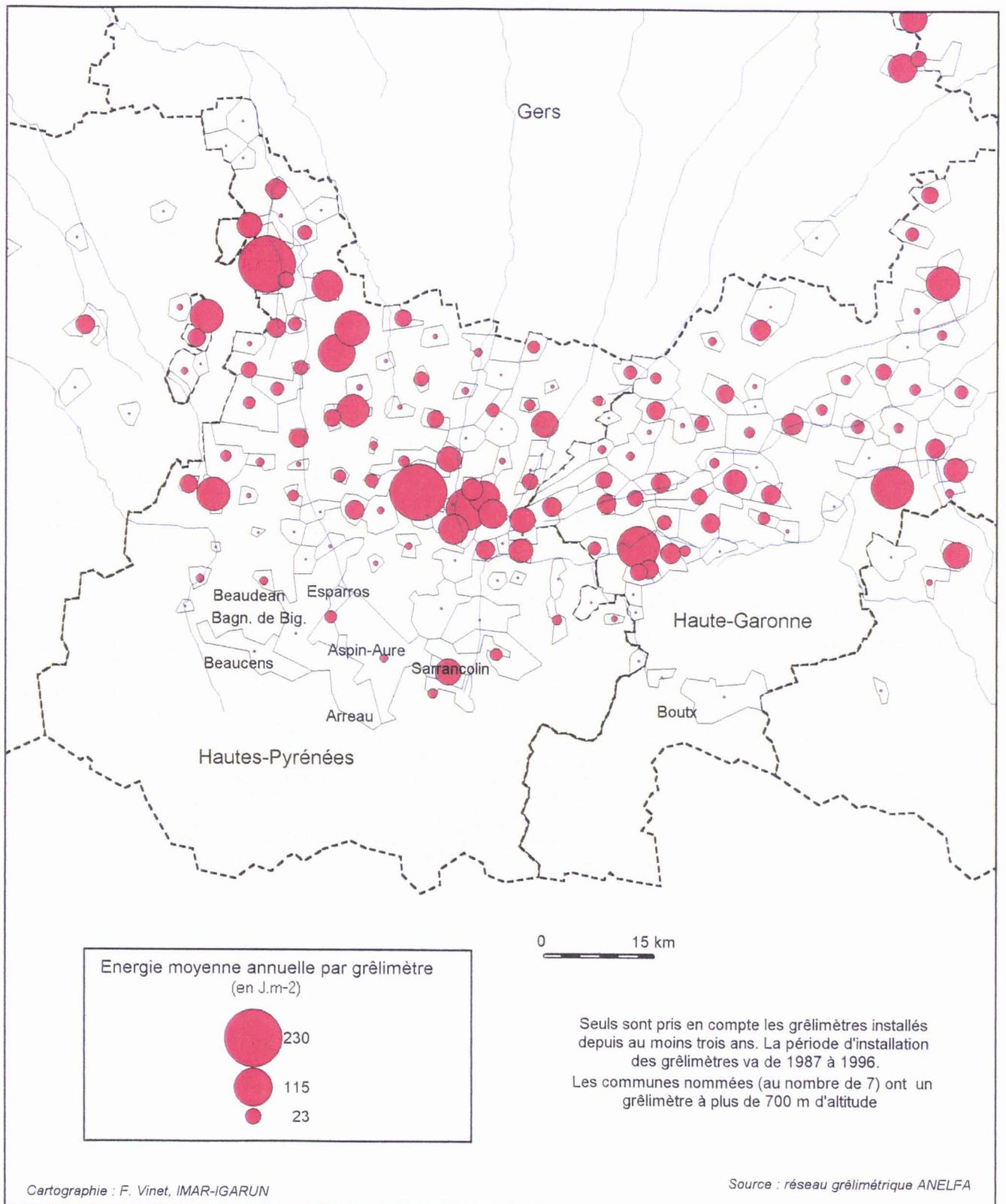
Météo-France d'après Choisnel et alii, 1987, Climatologie de la zone du projet Hapex-Mobilhy, p.55

Fig. 24 - Les températures maximales moyennes d'été (juin à août) dans le Sud-Ouest

3.2.2- Les effets de l'altitude : des sommets pyrénéens peu grêlifères

Prenons le cas du versant nord des Pyrénées, versant sous le vent puisque la plupart des orages ont une direction sud-ouest - nord-est, direction qui s'infléchit ouest-est au pied de la chaîne.

Une étude menée sur la Haute-Garonne et les Hautes-Pyrénées (Trachez B., 1974), évoquée ci-dessus, a montré qu'il n'y a pas de corrélation statistique entre l'altitude et la fréquence de la grêle. Ces résultats sont confirmés par les cartes de fréquences ponctuelles dans ces deux départements (carte 4 chap 1). Les postes grêlimétriques



Carte 47 - Les relations entre l'altitude et la grêle dans les Pyrénées centrales

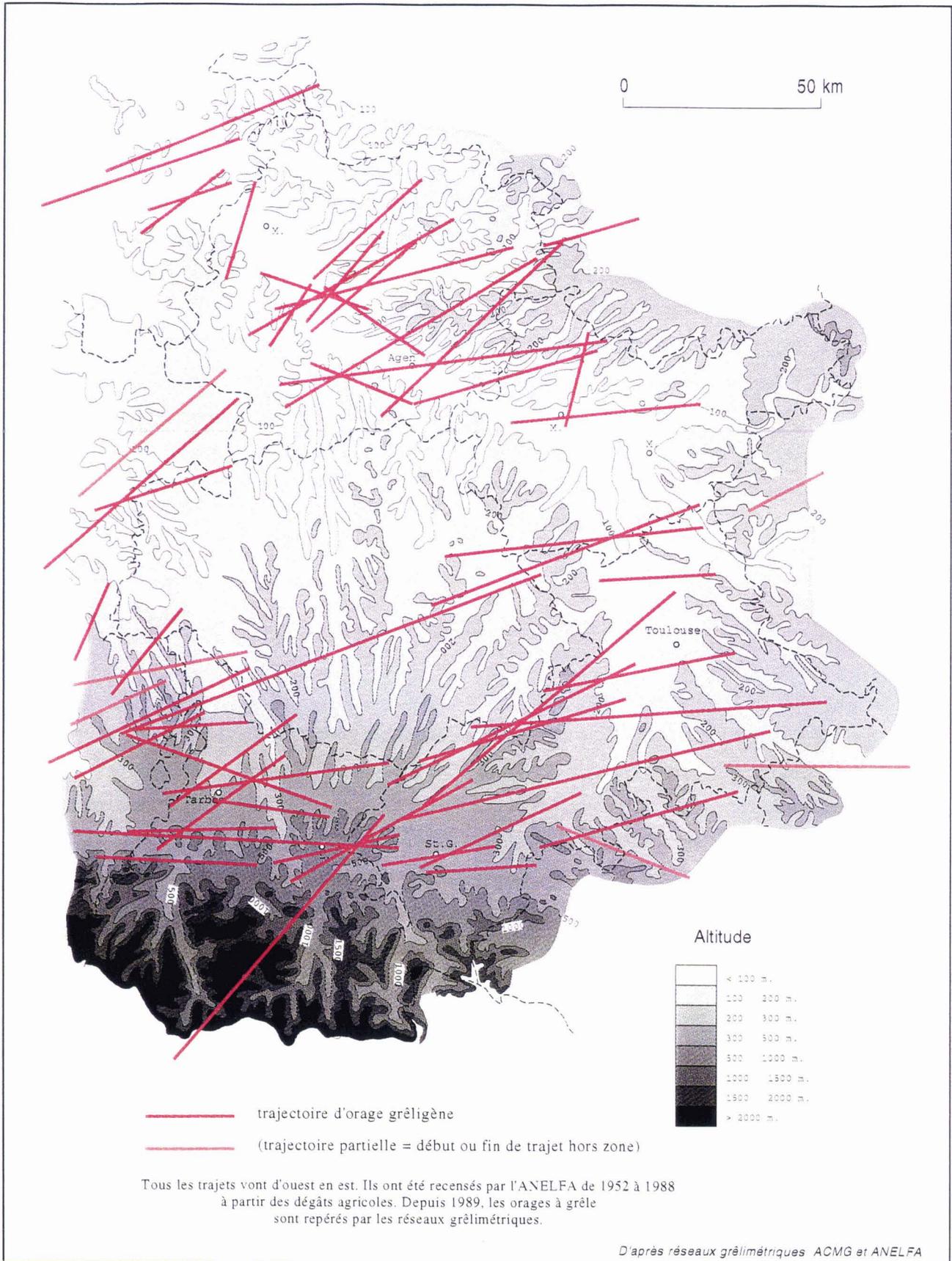
intramontagnards sont peu grêlifères. Sept postes grêlimétriques installés depuis au moins trois ans sont situés à plus de 700 d'altitude dont 6 en Hautes-Pyrénées et 1 en Haute-Garonne. Ils totalisent 47 années*grêlimètres et seulement 6 chutes de grêle de diamètre maximum supérieur à 8 mm. La fréquence moyenne annuelle est donc de 0,13 soit une chute tous les huit ans, deux fois moins que la moyenne départementale. L'énergie reçue en moyenne par année et par grêlimètre est inférieure à 10 J.m^{-2} (23 pour la moyenne départementale). Les fréquences et intensités moyennes annuelles sont plus élevées sur le piémont sans toutefois se détacher nettement des fréquences observées plus bas. Deux conclusions s'imposent dans le cas des reliefs non-exposés aux flux orageux : bien que réputée orageuse, (les orages d'été surprennent souvent les touristes en montagne), la haute montagne semble peu grêlifère, au moins sur le versant français.

L'air plus frais ($T_x = 20^\circ$ en juillet à Barèges à 1250 m) inhibe le développement des cumulonimbus contrairement à ce qui se passe sur le versant ibérique de la chaîne. De plus, et ce n'est pas un paradoxe, l'ascendance étant favorisée en montagne, elle est donc plus précoce. Les nuages se développent dès la matinée sur les sommets. Par rétroaction négative, cet ennuagement précoce inhiberait l'ensoleillement (Combes L. et Vigneau J.P., 1994), atténuant ainsi la convection vespérale. Enfin, le vent en altitude qui accompagne souvent les situations grêligènes empêcherait de durables développements nuageux verticaux, ces derniers se situant plutôt sur les piémonts sous le vent, plus abrités. Ces hypothèses demanderont à être confirmées (ou infirmées!) par l'allongement des séries grêlimétriques et éventuellement par des études de cas détaillées.

3.2.3- Le rôle des versants et des vallées

3.2.3.1- Les vallées guident-elles les averses de grêle ?

Pierre Pédelaborde, reprenant J.P. Gassiès, cite de nombreux exemples de vallées empruntées par les trajectoires d'orages dans le Bassin parisien et la vallée de la Loire. Il reconnaît que "la canalisation ne s'exerce toutefois que si la vallée s'oriente dans la direction du vent ou si l'angle de la vallée avec le vent reste faible" (1957 p. 458). La carte des trajets des principales averses de grêle projetée sur un fond topographique du bassin de la Garonne (carte 48) ne fait pas apparaître de trajectoire systématique conditionnée par la topographie. La tyrannie des conditions synoptiques ne laisse pas de place à l'expression des particularités locales. Il se peut que des averses plus localisées soient déclenchées par une vallée ou une aspérité topographique mais le phénomène peut relever de l'aléatoire. Il doit être répétitif pour être statistiquement significatif. Seule la



Carte 48 - Trajets d'orages à grêle et relief dans le bassin de la Garonne

géographie des chutes de grêle dans le département de la Loire semble présenter des affinités claires avec les dispositions topographiques.

3.2.3.2- Les versants au vent

Le cas des reliefs au vent est différent. D'après les cartes en carroyage, l'intensité maximale de la grêle serait atteinte dans les vallées affluentes de la Garonne (Lot et Tarn) et sur une diagonale allant du Lot au Tarn, diagonale qui se situe à l'aval-vent du bassin de la Garonne particulièrement chaud en été. Les orages venant de sud-ouest s'y réactiveraient pour éclater plus à l'est sur les premières hauteurs.

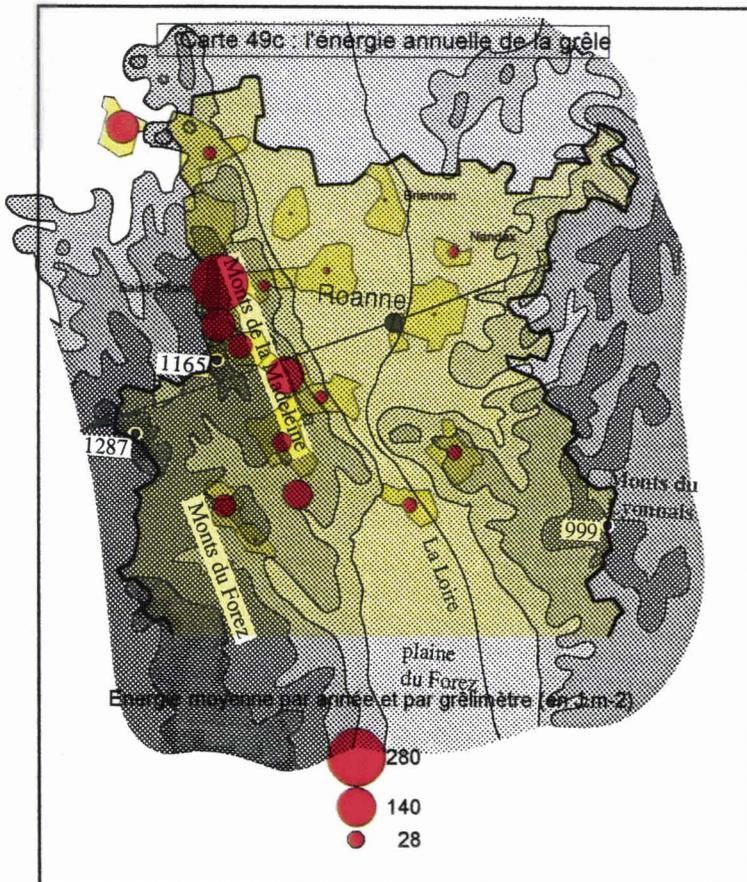
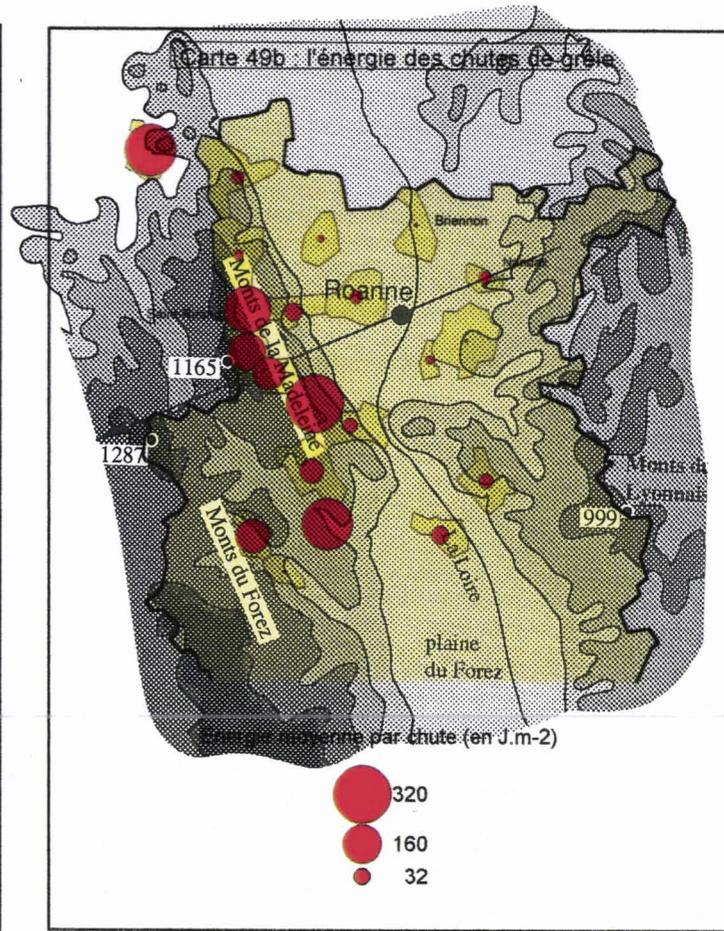
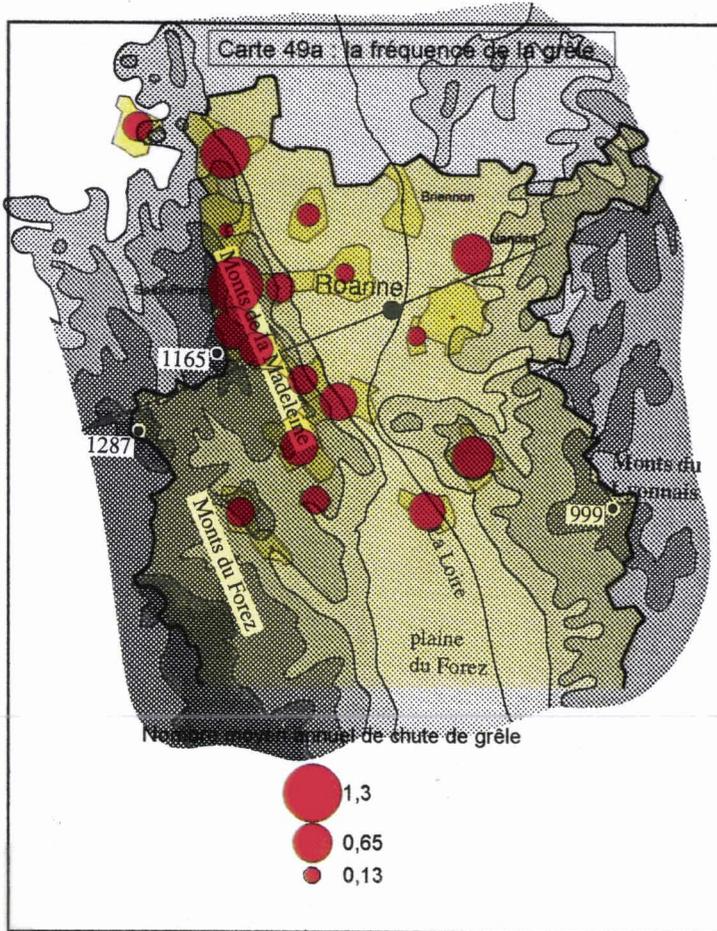
Les données grêlimétriques manquent sur le Gers mais les autres sources font état d'une forte fréquence de la grêle. Les maxima de juillet montent à 28°C dans ce département soit les plus élevés du Sud-Ouest. La disposition topographique du Gers est bien connue : elle alterne lignes collinaires et vallées d'orientation sud-nord. Cette disposition favorise le captage et la conservation de la chaleur solaire, tous les versants recevant les rayons solaires en milieu de journée.

3.2.3.3- Les versants sous le vent : le cas du Roannais

La ville de Roanne est installée dans une cuvette abritée : 710 mm de précipitations annuelles à Roanne contre plus de 1200 sur les sommets encadrant la vallée de la Loire. Comme dans le reste du département, les contrastes topographiques sont forts. Vingt kilomètres séparent à vol d'oiseau la Loire des lignes de crêtes. Celles-ci sont orientées en gros perpendiculairement aux flux d'altitude porteurs d'orages. Les grêlimètres sont installés entre 250 et 700 mètres d'altitude dans la vallée de la Loire aux alentours de Roanne (300 m d'altitude) et sur le flanc est des Monts de la Madeleine (sommet à 1165 m). Il y a peu de grêlimètres à l'est de la Loire et leurs altitudes ne sont pas assez élevées pour que l'on puisse déceler un quelconque gradient grêlifère entre le fleuve et les Monts du Beaujolais. Nos conclusions ne concerneront donc que le versant exposé à l'est (à l'ouest de la Loire).

On décèle une prédisposition grêlifère sur l'ouest du département (carte 49). La fréquence et l'intensité des chutes de grêle augmentent au fur et mesure que l'on s'élève vers les monts de la Madeleine. Le coefficient de corrélation linéaire entre l'altitude²⁵ (X)

²⁵ nous ne nous référons qu'aux grêlimètres installés depuis au moins trois ans. Faute de chiffre plus précis, c'est l'altitude de la commune (mairie le plus souvent) qui nous sert de référence. L'ANELFA est en train d'effectuer le repérage précis des grêlimètres par système GPS.



moins de 400 m

400 à 500 m

Statistiques concernant les chutes de grêle dans le Roannais
 (Seuls sont pris en compte les grêllemètres en place depuis au moins trois ans en 1996)

Nombre de grêllemètres = 22

Durée d'installation : 3 à 7 ans, selon les grêllemètres (1990-1996)

Nombre d'années*grêllemètres = 97

Nombre de chutes = 42

Nombre moyen annuel de chute par grêllemètre = 0,43

Énergie moyenne annuelle par grêllemètre = 43,6

Source : ANELFA

Carte 49 - Relief et grêllemétrie dans le Roannais

et l'énergie moyenne annuelle reçue par grêlimètre (Y) est $r = 0,47$ ce qui est statistiquement significatif pour un risque d'erreur de 0,05 mais géographiquement moyennement satisfaisant (la faiblesse de l'échantillon rend la relation sensible à de fortes variations aléatoires sur des valeurs individuelles). C'est la fréquence de la grêle qui est la moins liée à l'altitude ($r = 0,35$). La fréquence moyenne annuelle varie de 0 à Briennon et Perreux respectivement à 260 et 329 mètres d'altitude dans le fond de la vallée de la Loire à 1,25 à Saint-Rirand à 646 m d'altitude. L'énergie moyenne annuelle reçue par les cinq grêlimètres les plus bas est de 4 J.m^{-2} par an contre près de 100 pour les cinq les plus élevés.

Cette différence entre la vallée de la Loire et les versants environnants n'est pas le seul fait d'une grosse averse qui aurait affecté les seuls Monts de la Madeleine. Ce biais est toujours possible dans le cas d'un phénomène aussi aléatoire que la grêle. En fait, les principales averses de grêle (celles ayant touché au moins trois grêlimètres) se sont toutes plus ou moins produites sur les versants des Monts de la Madeleine sans qu'il soit vraiment possible de définir leur trajet comme nous avons pu le faire pour les orages à grêle du Sud-Ouest. Cette absence de trajectoire linéaire confirmerait le rôle déclencheur du relief. Enfin, les grêlimètres de Nandax (au pied du flanc ouest des Monts du Beaujolais) et ceux de Neulise et Saint-Georges-de-Baroille (Gorges de la Loire) ont des fréquences et des énergies plus élevées que celles observées dans le Roannais. La question se pose enfin de savoir si l'augmentation des chutes de grêle est constante en altitude ou s'il existe un "optimum" grêlimétrique au-delà duquel la fréquence et l'intensité de la grêle diminueraient. Il est difficile de répondre car les grêlimètres ne vont pas au delà de 700 mètres d'altitude. On peut simplement observer que dans la régression linéaire entre l'altitude (X) et l'énergie moyenne annuelle reçue par grêlimètre (Y) mentionnée ci-dessus, les résidus des trois grêlimètres les plus élevés (plus de 650 mètres) sont négatifs, ce qui veut dire que l'énergie des chutes de grêle y est sous-estimée par rapport à ce que prédit l'ajustement. Quant à y voir un "optimum" grêlimétrique vers 600 m, il y a...plusieurs pas.

Au regard des explications données par G. Escourrou (1981) sur les comportements thermiques et aérologiques des versants de vallées, on peut avancer les explications suivantes à cette répartition de la grêle dans le nord du département de la Loire (fig. 25).

Au sol, la situation synoptique accompagnant les averses de grêle dans la Loire est un marais barométrique, situation propice à l'expression des vents locaux. En altitude, les vents sont en général de secteur ouest à sud-ouest. Le versant oriental des Monts de la Madeleine bénéficie d'un bon ensoleillement matinal. Les brises de versants y développent l'ascendance. Cette instabilité est renforcée par le tirage des vents d'altitude.

Nous ne disposons pas d'enregistrement sur le versant exposé ouest mais il est probable que le phénomène de brise y soit moins fort, freiné par la nébulosité de l'après-midi.

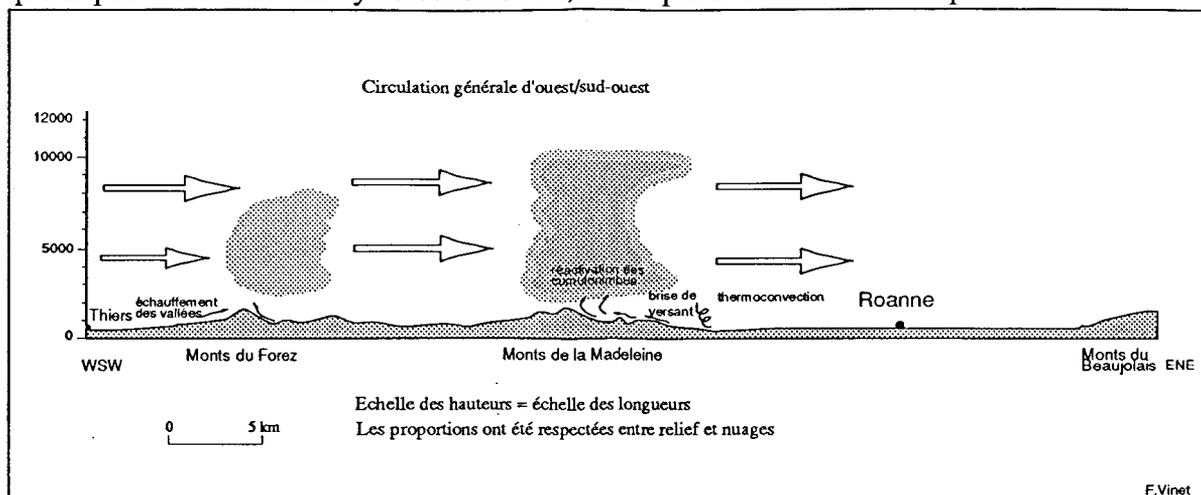


Fig. 25 - les prédispositions grêlifères des versants sous le vent : éléments d'explication

Enfin, il faut que le "bouillonnement thermoconvectif" soit assez fort pour contrarier les éventuelles vellétés subsidentes du flux de WSW dévalant sur le versant est des Monts de la Madeleine (effets de foehn). Ces vellétés subsidentes sont d'ailleurs d'autant moins fortes que la masse d'air est instable. Plus la masse d'air tropical entraînée par les vents de sud-ouest est instable, moins, évidemment, les exigences en matière de thermoconvection seront fortes pour qu'il y ait formation de cumulonimbus.

Le rôle de la thermoconvection est sans doute plus déterminant dans l'est de la France que dans le Sud-Ouest. Lors de la journée grêlifère du 5 juillet 1993, l'indice d'instabilité de Telfer à midi à Lyon ne donnait qu'une probabilité d'orage de 40 à 50 %. Or les orages de fin d'après-midi furent dévastateurs. On peut dire pour simplifier que la thermoconvection de l'après-midi a participé pour 50 % à "l'effort grêligène". En revanche, le 18 juin 1994, l'indice d'instabilité de Telfer à midi à Bordeaux donnait une probabilité d'occurrence d'orage supérieure à 80 % (fig. 19, p. 181). La masse d'air était déjà instable avant que la thermoconvection se développe.

L'exemple du Roannais va dans le sens des conclusions de Spanos (1993) pour la Macédoine centrale. Il y observe que l'activité convective est particulièrement forte "sur le versant des chaînes montagneuses se trouvant sous le vent (p.396)". Mêmes conclusions pour Olcina Cantos (1994) qui constate que les chutes de grêle en Espagne affectent particulièrement les versants sous le vent des massifs montagneux (León, Levant, Rioja...). Les mécanismes grêligènes mis en évidence dans le Roannais pourraient être sans doute étendus au couloir séquano-rodhanien qui possède la même configuration

topographique. Dans le cas de la journée particulièrement grêlifère du 5 juillet 1993, les fortes chutes de grêle ont touché le Beaujolais, Lyon, Vienne c'est-à-dire des secteurs situés sur la retombée est du Massif Central ou à proximité immédiate. Les secteurs plus éloignés (Ain) avaient moins souffert de la grêle et plus des inondations. Dernier élément à verser au dossier : la fréquence élevée des chutes de grêle dans les Monts du Lyonnais (témoignage d'un arboriculteur possédant 35 hectares de fruits et qui a subi de la grêle à divers degrés 11 années sur 13). Monts du Lyonnais et Beaujolais ont la même orientation par rapport aux flux synoptiques que les Monts de la Madeleine (sous le vent).

L'autre hypothèse permettant d'expliquer cette répartition des chutes de grêle est celle d'un effet de la lutte active. L'ensemencement des nuages en iodure d'argent à partir des postes de l'ouest des départements aurait un effet décalé vers l'est du fait du déplacement des cellules orageuses vers l'est pendant le temps d'action de l'iodure d'argent dans le nuage (une demi-heure). J. Dessens²⁶ a montré cet effet de la prévention sur des cas particuliers d'orage. Il reste à le mettre en évidence dans les moyennes grêlimétriques et en plaine ou en relief peu accidenté.

Quelle que soit l'hypothèse retenue pour l'expliquer, les fortes disparités spatiales des énergies moyennes des chutes de grêle doivent être prises en compte pour la localisation des générateurs d'iodure d'argent et les stratégies de lutte antigrêle.

3.2.3.4- Extrapolations à partir de l'exemple du Roannais

Les conclusions tirées de l'exemple roannais ne sont valables que pour les sites remplissant les mêmes conditions : orientation nord-sud de la vallée, encaissement comparable comme pour le Lyonnais ...On ne peut pas, par exemple, étendre ces conclusions au cas des grandes vallées intra-alpines. Le contexte climatique et l'échelle des phénomènes y sont différents. Les caractéristiques grêlimétriques de la vallée de la Durance mériteraient tout particulièrement d'être étudiées. Il y a en effet un enjeu en matière socio-économique. Les plantations de vergers (culture la plus sensible aux chutes de grêle) ont fortement augmenté ces dernières années. Il y a aussi matière à mieux connaître le fonctionnement climatique des grandes vallées intramontagnardes. Sur les quelques compositions radar que nous avons étudiées (voir ci-dessus), des masses nuageuses apparaissent dans les Alpes du Sud indépendamment des fronts. L'instabilité induite par la thermoconvection et les brises de vallées (Choisnel E., 1987 p. 188) est-elle suffisante au développement des cumulonimbus grêligènes ce que laisseraient penser les

²⁶ Dessens J. : A physical evaluation of a hail suppression project with silver iodide ground burners in southwestern France. *Journal of Applied Meteorology* (à paraître, 1999)

chiffres d'occurrence de grêle Météo-France pour la station d'Embrun (voir chapitre 1) : forte fréquence de la grêle d'été et mois de juillet le plus grêlifère. Le nombre de jours d'orage, fort élevé dans cette vallée confirme ces chiffres. Là aussi, l'étude des masses nuageuses couplée à celle des situations météorologiques et à la grêlimétrie apporterait peut-être des réponses.

Se pose aussi le problème du piémont nord-pyrénéen. La fréquence de la grêle y semble assez forte mais surtout les chutes sont plus précoces. Le mois de mai est le plus grêlifère suivi du mois de juin. Cette précocité de la saison grêlifère est peut-être imputable à la fonte du tapis neigeux sur les Pyrénées qui en cas de vent de sud-ouest en altitude renforcerait l'humidité des masses d'air se dirigeant vers le sud-ouest de la France. La saturation de la masse d'air étant plus précoce, les orages se déclencheraient plus tôt dès leur franchissement des Pyrénées...

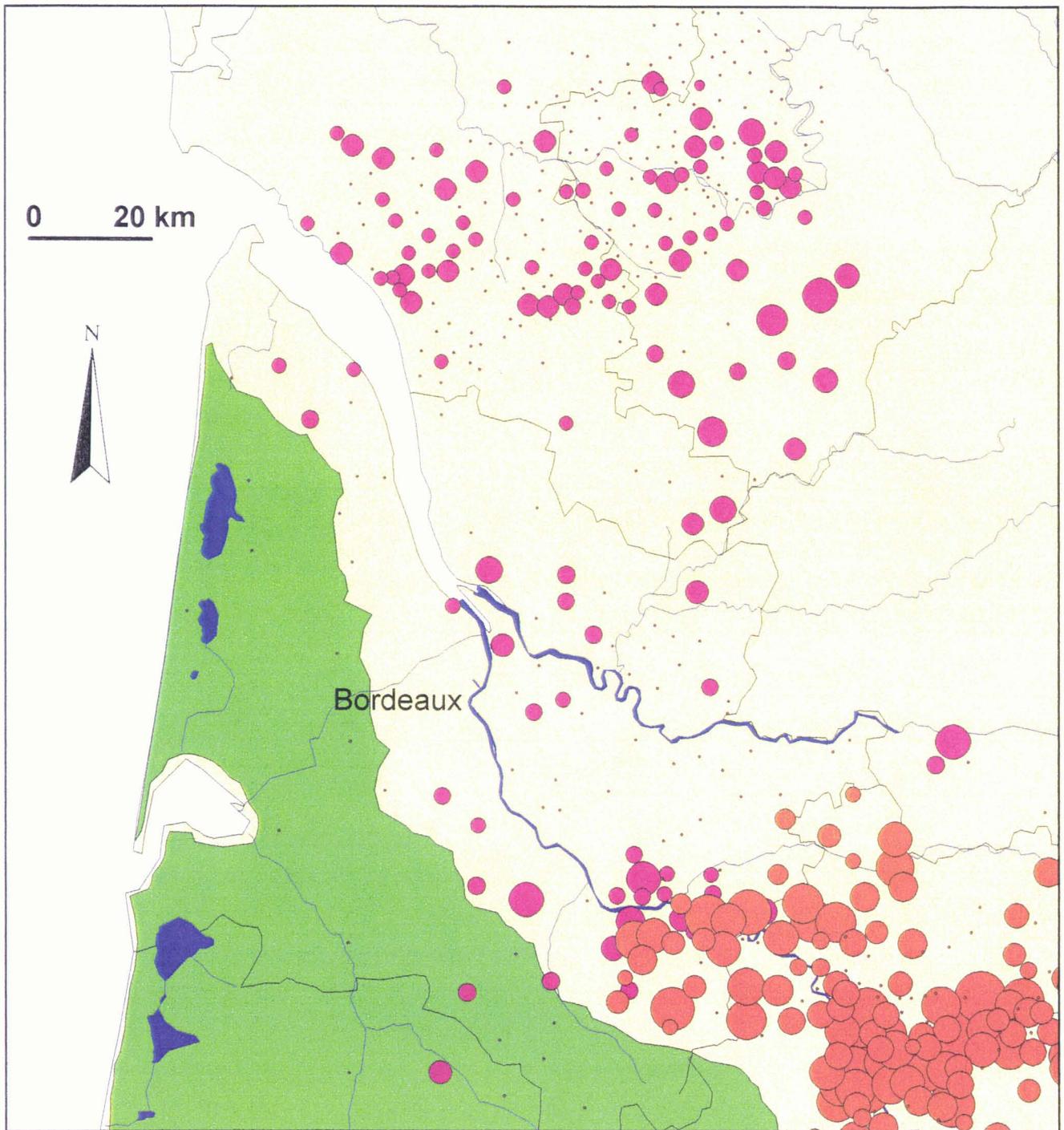
Nous n'avons pas approfondi ces aspects purement régionaux qui n'entrent pas directement dans notre problématique mais ils constituent des sujets de géographie climatique régionale intéressants qui dépassent le seul problème de la grêle.

3.3- Grêle et autres particularités géographiques

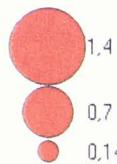
3.3.1- Grêle et forêt

Parmi les autres particularités géographiques sensées influencer le climat, le couvert végétal, la présence de forêts est souvent mentionnée. La forêt des Landes est située dans la zone couverte par les réseaux grêlimétriques (carte 50). L'installation des grêlimètres dans la forêt est encore récente mais les cartes montrent que ces derniers sont peu touchés par la grêle. Ceci peut être dû à la proximité du littoral. Sachant que les orages grêligènes ont une trajectoire SW--->NE, quels sont les effets de la forêt sur les caractéristiques grêlimétriques des régions sous le vent de la forêt. Au nord-est des Landes s'étendent la ville de Bordeaux (espace non équipé de grêlimètre), puis vers l'est les Graves, le Bazadais et enfin le Marmandais dans le Lot-et-Garonne, au nord des Petites Landes. Ce qui frappe (carte 50), c'est la forte augmentation de la fréquence de la grêle entre Bordeaux (nombreux grêlimètres²⁷ sans chutes), les Graves (fréquence moyenne annuelle d'environ 0,2 chute) et le Bazadais-Marmandais (fréquence de 0,5 à 1 chute annuelle). Les données sont concordantes pour les deux réseaux grêlimétriques. Par contraste, l'Entre-Deux-Mers compte très peu de chutes. Plus au nord, vers les

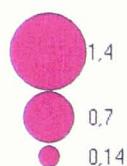
²⁷ Grêlimètres installés depuis au moins trois ans.



Nombre moyen annuel de chute de grêle par grêlimètre
(réseau ACMG)



Nombre moyen annuel de chute de grêle par grêlimètre
(réseau ANELFA)



 Forêt landaise (contours simplifiés)

**Carte 50 -
Le renforcement des chutes de grêle
dans le sud de la Gironde :
un effet de la forêt landaise ?**

Charentes, on recense quelques grêlimètres avec des fréquences moyennes annuelles de l'ordre de 0,5 mais les fréquences ponctuelles inférieures à ce seuil sont plus nombreuses. Nous avons déjà montré à une autre échelle que les Charentes sont beaucoup moins grêlifères que le reste du Sud-Ouest.

Gisèle Escourrou (1981) note les facteurs contradictoires qui rendent complexe l'influence des masses boisées sur le climat :

- d'une part, "l'humidité relative est plus forte en forêt, la rugosité croît, autant d'éléments susceptibles d'augmenter les précipitations" (p.121)

- en revanche, "l'air au-dessus de la forêt est plus froid qu'au-dessus de la campagne, les phénomènes convectifs diminuent... Il existe moins d'orages, pour cette raison, au-dessus des forêts...(p.121)" On peut retourner le dernier argument pour les régions sous le vent. L'instabilité à l'avant d'un front froid peut être renforcée après que ce front a passé sur une forêt car la masse d'air froid postérieure va se maintenir froide sur le massif forestier, renforçant ainsi les contrastes thermiques de part et d'autre du front. De plus, le Marmandais ou même plus au sud le secteur de Tonneins, à l'abri des Landes, sont peu ventilés en été, ce qui est favorable à l'échauffement des basses couches. Les maxima moyens journaliers de juillet et août sont de 27°C à Marmande, plus qu'à Agen ou à Toulouse, stations pourtant plus méridionales. Les cartes du projet Hapex-Mobilhy (Choisnel E. et alii, 1987 voir figure 24 ci-dessus p.208) ont montré l'existence d'un noyau froid sur les Landes centrales au sud du Bazadais-Marmandais. Nous avons recensé 4 orages importants ayant touché le Bazadais-Marmandais (carte 45 p. 199). Ces orages correspondent tous au passage d'un front (pas d'orage intramasse) même nocturne pour le cas de l'orage du 29 août 1992 en Gironde ce qui amène à se poser la question du rôle des forêts non pas dans leur effet diurne stabilisant mais plutôt dans son rôle de retenteur et redistributeur nocturne de chaleur.

3.3.2- Grêle et climat urbain

La présence d'une grande agglomération peut influencer localement le climat. Cela est évident pour les températures. La bibliographie est à ce sujet incommensurable. Pour les précipitations, G. Escourrou (1981, 1990, 1991) a montré que, dans certains cas, les précipitations pouvaient être amplifiées sous le vent des grandes agglomérations urbaines, en particulier l'agglomération parisienne. La chaleur dégagée par l'entité urbaine réactiverait la convection. Force est de constater que les cartes grêlimétriques ne montrent pas de relation évidente de ce type pour la grêle. Toulouse ou Bordeaux sont des villes

plus modestes que l'agglomération capitale. On peut cependant noter que les grêlimètres au nord de Bordeaux (sous le vent de l'agglomération lors d'orages grêligènes) ont des fréquences plus élevées (carte 50 ci-dessus p. 218) que ceux de l'Entre-Deux-Mers ou de l'estuaire de la Gironde. On n'observe pas ce phénomène à Toulouse, agglomération de taille comparable à celle de Bordeaux. Peut-être la situation de Bordeaux à quelques dizaines de kilomètres de l'océan favorise-t-elle l'expression du climat urbain dans certaines circonstances (contrastes thermiques plus forts entre air frais d'origine maritime et air chaud urbain...) ? Ce thème pourra être repris en utilisant l'outil radar et des séries grêlimétriques plus longues. Le programme METROMEX (Changnon S.A., 1978) avait mis en évidence une augmentation de l'activité orageuse (impacts de foudre, fortes précipitations et grêle) au coeur de la ville de Saint-Louis (Missouri) et à l'aval-vent c'est-à-dire au nord-est de l'agglomération. Les orages de grêle influencés par l'agglomération seraient plus longs (en durée) et la densité de grêlons serait plus forte. D'après ces études, la présence de l'agglomération augmenterait la puissance des courants verticaux dans le cumulonimbus et fournirait de nombreux noyaux glaçogènes. Ces deux facteurs agissent directement sur la nature grêligène du cumulonimbus.

A propos d'une ligne de grain circulant sur la région parisienne (le 29 juillet 1980), Robert Lavalette (1983) signale le rôle éventuel du contraste thermique entre l'agglomération parisienne (chaude) et la forêt de Rambouillet au sud-ouest (plus froide) dans la réactivation du front. Le même phénomène pourrait s'exprimer entre Bordeaux et les Landes ou même les Landes et la vallée surchauffée de la Garonne.

Conclusion

La mise en évidence des influences des particularités géographiques sur la fréquence et l'intensité des chutes de grêle est difficile dans l'état actuel des données. Quelques faits semblent pourtant établis :

Le rôle grêligène de la convergence dans les versants sous le vent est évident dans les vallées encaissées du centre-est de la France. C'est dans ces circonstances que la géographie de la grêle peut être la plus contrastée sur des espaces restreints. La fréquence et l'intensité de la grêle peuvent varier fortement entre le pied du versant et haut du versant. L'étude faite à partir des données grêlimétriques dans la Loire pourrait être confirmée par l'examen des pertes sur verger dans le Lyonnais ou le Beaujolais. Cependant l'influence du relief sur la grêlimétrie dans la région Rhône-Alpes profite du

relâchement du rôle des acteurs synoptiques. Le centre-est de la France est éloigné des talwegs atlantiques ; les flux de sud-ouest y sont moins puissants.

Dans le Sud-Ouest, plus proche des centres d'action, topographiquement moins accidenté que la région Rhône-Alpes, les considérations macrogéographiques (proximité du littoral, barrière pyrénéenne...) et synoptiques semblent écraser un éventuel effet des particularités microgéographiques. L'influence de la forêt des Landes reste à confirmer. Le plus probable est qu'elle fait office d'abri, favorisant l'échauffement des régions plus à l'est et renforçant l'activité des fronts par l'augmentation du contraste air froid/air chaud. La topographie particulière (succession de vallées d'orientation méridienne) du Gers pourrait expliquer le fort échauffement estival et favoriser la forte grêlimétrie observée dans ce département.

Sur le plan méthodologique, des pistes restent à explorer :

Sur le plan statistique, le drapage d'un carroyage fin sur un modèle numérique de terrain (MNT) avec des séries grêlimétriques plus longues (dans quelques années) permettrait peut-être d'apporter de nouvelles réponses à ce problème au moins dans les départements bien équipés et dans lesquels les différences altitudinales sont significatives (Moyenne-Garonne, Haute-Garonne et Hautes-Pyrénées).

Sur le plan du fonctionnement aérologique, les progrès ne feront pas l'économie d'une étude combinée des données radar et des données au sol pour un nombre d'averses significatif. Une telle étude devrait mettre étroitement en relation les conditions synoptiques et les effets des particularités géographiques. Affiner la prévision des risques de chutes de grêle à l'échelle locale serait d'ailleurs le principal intérêt opérationnel de ce type de recherche.

Conclusion

* La formation de la grêle nécessite de vigoureux courants ascendants qui ne se rencontrent que dans les nuages à fort développement vertical. La grêle est donc, dans ce sens, un dérivé du risque orageux. L'occurrence de grêle s'observe lors de circulations de sud-ouest caractéristiques des types de temps orageux, mais la prévision de tels types de temps ne veut pas dire qu'il y aura chute de grêle, ni quelle sera son intensité. Il est rare qu'à l'échelle de la France une journée d'orage ne donne pas quelques chutes de

grêle mais dans les dizaines de cellules orageuses (pour parler des plus importantes) qui se développent, il est difficile de dire laquelle sera grêligène.

Dans l'excipient indispensable qu'est le flux de sud-ouest chaud et humide, il n'est sans doute aucun principe actif qui soit unique et suffisant. Ce flux généré par une onde de Rossby sur le proche atlantique comporte les facteurs classiques d'instabilité :

- talweg avec invasion d'air froid en altitude
- présence des courants-jets en altitude
- divergence horizontale et/ou verticale -comme le montrent les trajectographies- dans les couches moyennes et parfois en altitude
- front froid au sol
- convergence en basse couche sur le Sud-Ouest favorisé par relief ...

L'analyse de quelques journées et séquences grêligènes s'est attachée à déterminer les facteurs pouvant expliquer la plus ou moins grande exposition des différentes régions françaises au risque d'orage grêligène. Nous établirons dans la conclusion de la première partie les relations entre la géographie des chutes de grêle (chapitre 1 et 2) et les explications atmosphériques.

Dans la liste des facteurs grêligènes, certains ne prennent pas place dans le modèle norvégien (qui n'a d'ailleurs pas été fait pour expliquer ce genre de phénomène). Echelles d'analyse et processus font appel à des discontinuités autant dynamiques que thermiques. L'analyse des cartes et des compositions radar met en évidence des phénomènes de convergence en basses couches en particulier sur le Sud-Ouest. Ces phénomènes de convergence sont-ils favorisés par la configuration topographique du Sud-Ouest, ouvert aux influences océaniques de l'ouest et de l'est ? La mise en évidence par les compositions radar d'une vorticité à l'échelle régionale dans le Sud-Ouest -qui n'apparaît pas sur les cartes générales- tendrait à confirmer l'originalité du fonctionnement aérologique de cette région.

* Sur le plan méthodologique, deux exigences s'imposent :

- la nécessité de posséder des outils d'analyse à échelle fine (cartes pointées, radar)
- la nécessité d'un suivi en temps réel (que le radiosondage ne permet malheureusement pas)

L'approche par le radar est indispensable tant à l'échelle régionale pour comprendre le déplacement des cellules qu'à l'échelle locale pour mettre en évidence les rapports entre fortes réflectivités, intensités pluviométriques et coeurs de grêle. Cette approche demanderait un travail de plusieurs années à elle seule. Elle a du reste été entamée par

l'ACMG pour la Moyenne-Garonne. L'Association Climatologique de Moyenne-Garonne combine une prévision des situations orageuses par examen des cartes synoptiques et une surveillance radar des cellules orageuses à leur arrivée dans la zone. L'outil radar (Husson D., 1991) combiné aux mesures grêlimétriques au sol représente assurément une promesse de progrès considérable dans la connaissance physique et théorique des phénomènes grêligènes et orageux en général.

Une approche globale du phénomène orageux, notamment au regard des nouvelles techniques de détection et de mesure, s'avèrerait nécessaire. Quelles sont les relations entre les fortes intensités pluviométriques et les chutes de grêle ? Ces dernières peuvent-elles être considérées comme la forme ultime d'une forte intensité pluviométrique sachant que les plus massives d'entre-elles livrent 7 à 8 millimètres d'équivalent-eau en dix minutes ? La même démarche pourrait être entreprise pour les relations entre l'activité électrique et la grêle. Il y a eu sur ce point des recherches à l'étranger (Changnon S.A., 1992) mais encore rien en France à notre connaissance.

Conclusion de la première partie

Une géographie du risque-agent

L'aléa devient "risque-agent" lorsqu'il est spatialisé, lorsque les variations spatiales d'intensité ou de fréquence déterminent des zones plus ou moins exposées, des zones à risque. L'étude du risque ne peut se passer d'une référence spatiale. Au terme de cette première partie, nous dressons un bilan géographique de la grêle d'été, la grêle potentiellement destructrice pour les biens, en particulier les biens agricoles. Le risque-agent est la probabilité spatialisée d'une grêle plus ou moins destructrice.

Nous avons examiné plusieurs sources, étudié plusieurs angles d'approche qui ont chacun leurs intérêts et leur limites :

- l'approche purement fréquentielle donne un balayage à l'échelle nationale,
- l'approche grêlimétrique quantifie le risque-agent à une maille fine mais les données sont encore récentes et disponibles seulement dans certaines régions,
- l'approche synoptique montre les mécanismes grêligènes et si elle ne quantifie rien elle permet de nuancer les chiffres de fréquence en particulier dans les régions dépourvues de grêlimétrie.

Dessiner la géographie objective de la grêle en France est impossible dans l'état actuel des données et des connaissances sur ce phénomène. Mais la combinaison des différentes sources rend possible une synthèse hiérarchisée et indicative du risque-agent grêle à l'échelle régionale en France.

Les critères de différenciation régionale sont la fréquence moyenne annuelle de la grêle d'été (mai à septembre), son intensité lorsqu'elle est connue et les prédispositions synoptiques grêligènes desdites régions. Nous entendons par prédispositions synoptiques grêligènes, la probabilité plus ou moins forte qu'une circulation atmosphérique favorable à la formation d'orages grêligènes affecte telle ou telle région. Des affinages intrarégionaux pourront venir en sus en fonction des facteurs grêligènes liés aux particularités géographiques dont nous avons précédemment mis en évidence les mécanismes. Les régions sont abordées en fonction décroissante de la fréquence de la grêle d'été supposée dommageable (carte 51 et tableau 27).

- * Sud-Ouest intérieur : Lot-et-Garonne, Gers, Chalosse, Hautes-Pyrénées et Haute-Garonne, Tarn, Tarn-et-Garonne et Lot.

C'est assurément une des régions sinon la région la plus affectée par la grêle en France. Entre mai et septembre, la fréquence moyenne annuelle ponctuelle y est forte : 1 ou plus pour les grêles de diamètre supérieur à 5 mm à 0,66 (deux ans sur trois) environ au seuil de 8 mm. Les intensités sont élevées : pour les départements énumérés qui constituent cette région, l'intensité moyenne annuelle de la grêle est légèrement supérieure à 30 J.m^{-2} . Les différences internes s'expriment par le fort gradient négatif entre un cœur grêlifère constitué par le polygone Marmande-Pau-Saint-Gaudens-Montauban et les "périphéries" ouest (Landes et côte atlantique) et sud (chaîne pyrénéenne) où fréquences et intensités diminuent rapidement. Vers le sud-est, la transition est moins brutale : autour de Toulouse, l'énergie moyenne annuelle est de 23 J.m^{-2} ; en Ariège et dans l'Aude, la fréquence annuelle de la grêle diminue (0,12 chutes par an ($\varnothing \geq 8 \text{ mm}$) soit une chute tous les huit ans en Ariège) mais l'intensité des chutes ne faiblit guère. Dans la Vallée de la Garonne et ses abords, il est difficile de conclure définitivement à une échelle fine sur le caractère plus ou moins grêlifère de tel ou tel secteur. L'absence de rupture topographique brutale empêche les particularités locales de s'exprimer comme dans le Centre-Est. Le Tarn et le Lot semblent particulièrement grêlifères, plus que la région toulousaine mais cela doit être confirmé par l'allongement des séries grêlimétriques. Il faut cependant souligner l'originalité du piémont pyrénéen. La soudaineté, le caractère imprévisible de certaines situations à grêle montrent un fonctionnement fortement lié à ce qui se passe outre-Pyrénées. L'"exportation" d'orages générés sur le bassin de l'Ebre fait que les situations au sol au pied nord des Pyrénées ne laissent pas toujours augurer d'une journée orageuse. Cela montre également que le franchissement d'un relief par une masse d'air instable n'instaure pas de phénomène de foehn sur le versant sous le vent. L'instabilité se poursuit au nord de la chaîne dans le cadre d'un soulèvement en masse de l'air instable et d'une circulation mal définie au sol.

Le Sud-Ouest doit sa forte grêlimétrie à sa situation qui l'expose fréquemment aux flux de SW en été, à la latitude qui favorise l'échauffement et à la configuration topographique régionale. L'obstacle pyrénéen favorise l'échauffement des basses couches mais l'ouverture océanisante (Vigneau J.P., 1990) laisse entrer les fronts froids d'origine atlantique. Ce dernier élément pourrait expliquer les fortes chutes de grêle dans le Lot-et-Garonne soumis à la fois à l'arrivée rapide des fronts et à un échauffement diurne fort. D'ailleurs, pour l'ensemble du Sud-Ouest, le maximum des impacts électriques dus aux orages est relevé dans le Lot-et-Garonne (A. Hermant, 1996, p. 11). L'immense majorité des chutes de grêle dans le Sud-Ouest est liée à des flux de SW en altitude. Le déplacement rapide des cellules orageuses est un facteur aggravant car il augmente les surfaces touchées par la grêle. Ce déplacement des orages est en général moins rapide dans la région Rhône-Alpes et le Nord-Est. Reste obscur le rôle du massif pyrénéen. Dans quelle mesure peut-il favoriser les ascendances sur son versant nord ? Exerce-t-il son influence sur tout le sud-

Tableau 27 - Le risque-agent grêle en France : typologie régionale

Régions*	Dispositions synoptiques et thermoconvectives	Effet des particularités géographiques	Fréquence $\bar{\phi}=0,8$ mm ($\phi=0,5$ mm)**	Intensité moyenne annuelle**
SW intérieur	Forte exposition aux flux orageux grêligènes	prédispositions topographiques grêligènes à l'échelle régionale faibles contrastes locaux	0,33 à 0,66 (1)	20 à 40 J.m ⁻² /an
Centre et Centre-Est	Fréquence des flux orageux grêligènes Thermoconvection dans les vallées	Forts contrastes locaux	(0,4) (0,8/0,9)	38 J.m ⁻² /an (Loire)
Sud-Est intérieur	Relativement protégé des orages d'été mais forte thermoconvection	Forts contrastes locaux	(0,33) (1)	14 J.m ⁻² /an (Drôme)
Alsace	Fréquence moyenne des flux orageux grêligènes Thermoconvection assez forte	Forts contrastes locaux ?	(0,66)	
Nord-Est	Forte fréquence des descentes frontales Remontées chaudes par le couloir rhodanien	Effet des forêts ?	(>1)	
Jura et Alpes du Nord	Les masses d'air orageuses se révèlent grêligènes sur les régions environnantes plus sujettes à la thermoconvection	Bordure externe des massifs exposée	(0,66)	
Pyrénées (>1000 m)	Forte exposition aux flux mais vent et fraîcheur en altitude empêchent la grêle de tomber sur la chaîne pyrénéenne	bordure externe des massifs exposée	0,13	<10 J.m ⁻² par an
Côtes atlantiques	Décroissance S--->N de la fréquence des flux grêligènes	opposition littoral/intérieur	0,2 (Landes) à 0,05 (Charente Maritime)	de 12 (Landes) à 2 J.m ⁻² /an (Charente s)
Bassin parisien	Assez forte exposition aux fronts froids	gradient négatif SE--->NW	0,13 (Cher) à 0,04 (Champagne) (1)	7 J.m ⁻² /an (Cher) 1 à 2 J.m ⁻² /an (Champagne)
Nord-Ouest	Faible fréquence des flux grêligènes. Faible thermoconvection	Bassins intérieurs (Rennes) plus grêlifères	(0,1 (côtes) à 1 (intérieur))	
Côtes méditerranéennes	Protection anticyclonique estivale	opposition littoral/intérieur	(0,1 (côtes) à 0,5 (intérieur))	

* pour une définition plus précise des "régions", voir le texte

** Moyenne pour la région donnée. Ponctuellement, les chiffres peuvent être plus élevés.

Partie 1 : conclusion

ouest ou uniquement sur le piémont ? Cette chaîne transversale par rapport aux flux instables a-t-elle une conséquence sur la nature de la grêle (plus de grêle sèche) et la répartition nyctémérale et saisonnière des chutes ?

** Centre et Centre-Est*

Le Centre, regroupant grossièrement les deux régions administratives Auvergne et Limousin est pauvre en information grêlimétrique. Les quelques renseignements que nous possédons et que nous avons exposés laisseraient penser que l'intensité et la fréquence de la grêle fléchissent peu entre le Sud-Ouest et le Massif central. L'Argus de la Presse relève fréquemment des orages massifs dans la Creuse, la Corrèze, la Haute-Loire... Les chiffres d'occurrences orageuses donnés par Alex Hermant (1996, p.11) sont dignes de ceux de Toulouse ou Agen. Enfin, les conditions synoptiques sont statistiquement assez favorables. Les flux de sud-ouest y sont fréquents en été car la région n'est pas protégée par les hautes pressions méditerranéennes mais est assez méridionale pour recevoir les flux remontant des thalwegs proche-atlantiques.

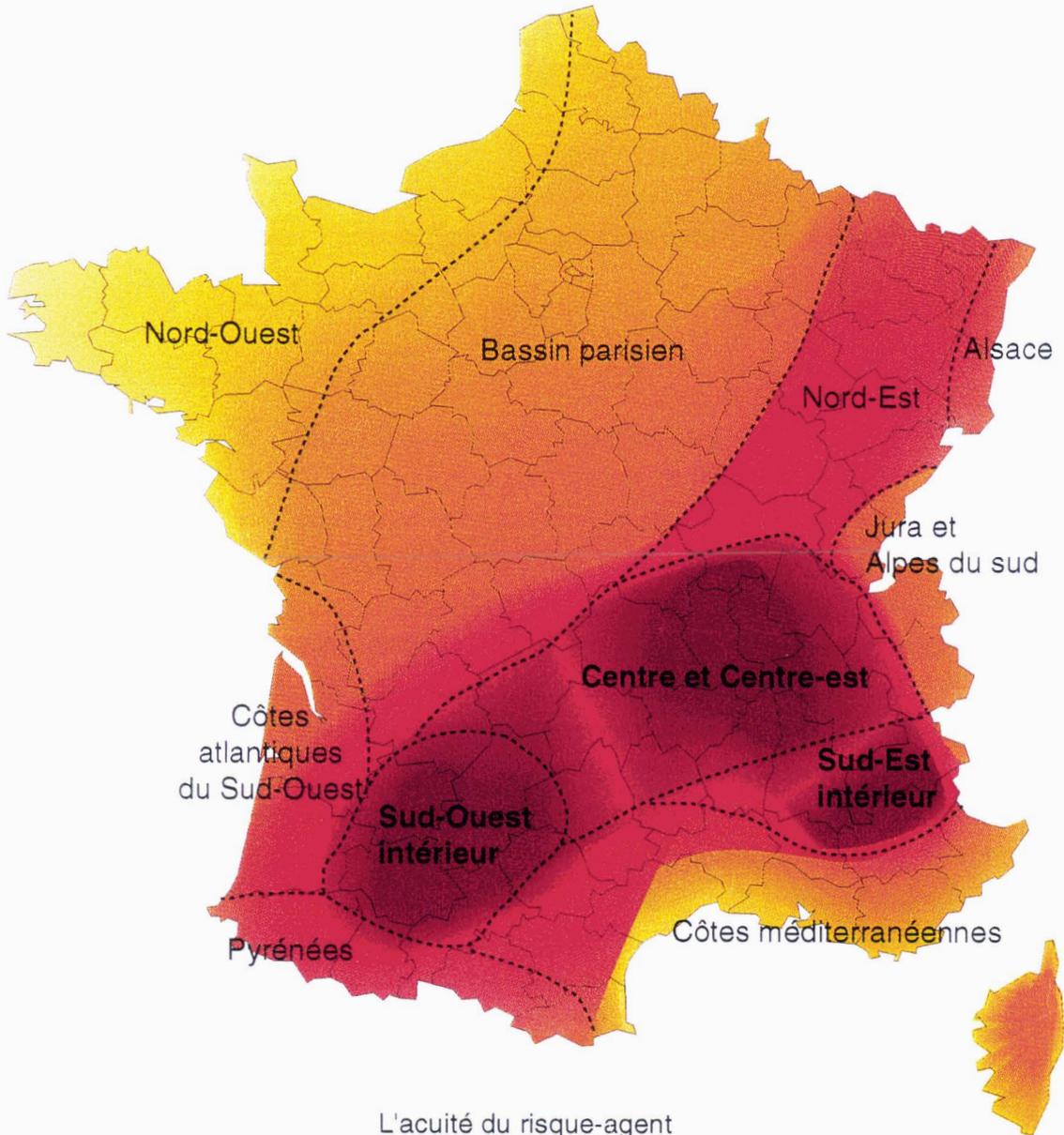
Pour les mêmes raisons synoptiques, le Centre-Est (Loire, Rhône, Saône-et-Loire plus les parties occidentales de l'Isère et de l'Ain) est particulièrement exposé aux chutes de grêle estivales. Les données grêlimétriques de l'arrondissement de Roanne et celles, occurrentielles, fournies par Météo-France donnent une fréquence moyenne annuelle d'une chute par été au seuil de 5 mm et une fréquence annuelle de 0,38 au seuil de 8 mm. L'intensité des chutes est élevée (grêlimétrie et Argus de la presse). Les facteurs locaux comme le relief sont beaucoup plus déterminants que dans le Sud-Ouest. La région Rhône-Alpes et l'Auvergne sont sans doute celles où les contrastes locaux d'intensité et de fréquence de la grêle sont les plus forts et les plus faciles à mettre en évidence. Localement, la fréquence annuelle peut s'élever à 0,6 ($\text{Ø}_{\text{max}} > 8 \text{ mm}$). Les versants sous le vent semblent particulièrement exposés : versant est des Monts de la Madeleine et du Forez, Beaujolais, Maconnais, Monts du Lyonnais, de la Limagne...

** Sud-Est intérieur*

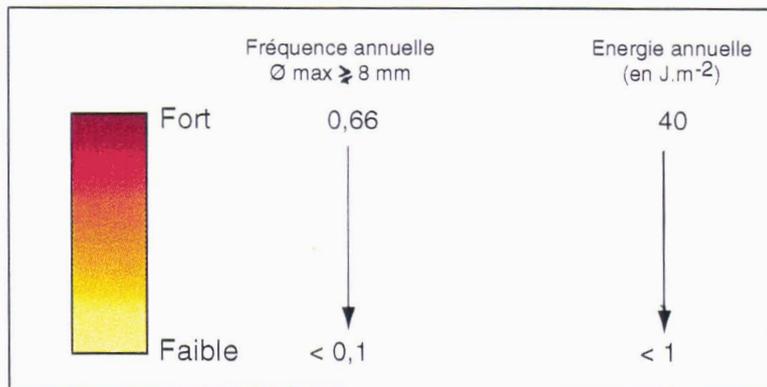
A partir du coeur rhône-alpin, les chutes décroissent un peu vers le sud-est. Les fréquences (0,34 chutes par an par grêlimètre) et les énergies (14 J.m^{-2} par an) dans la Drôme sont inférieures à celles de la Loire. La protection par la sécheresse estivale méditerranéenne intervient. Dans la vallée de la Durance, les valeurs sont probablement plus élevées et sont sans doute proche de celles du Sud-Ouest. L'encaissement et l'ampleur de la vallée peuvent favoriser le déclenchement d'orages locaux puissants.

** Alsace*

Les seules données à notre disposition sont les données occurrentielles (Météo-France et Argus de la Presse). Le nombre de chutes est inférieur à celui du Nord-Est ou du couloir



L'acuité du risque-agent



Pour les régions, voir texte et tableau 27

conception : F. Vinet
réalisation : A. Dubois-IGARUN

Carte 51 - Géographie du risque-agent grêle en France

séquano-rhodanien. La fréquence moyenne annuelle est de 0,66 au seuil de 5 mm retenu par Météo-France. C'est en Alsace qu'est tombé le plus gros grêlon officiellement mesuré en France : 978 g. Il n'est pas possible de dire si le flanc est des Vosges (où s'étend le vignoble alsacien) est prédisposé aux chutes de grêle par rapport à son environnement comme peuvent l'être les versants à regard est du Lyonnais. Les vents de SSW porteurs d'orages sont sans doute trop obliques par rapport au versant orienté N-S. Dans ce cas, ce serait plutôt le Sundgau qui aurait une situation favorable à la grêle.

* Nord-Est

Le Nord-Est s'illustre par une des plus fortes fréquences de la grêle en France : 1 à 2 chutes entre 5 et 10 mm de diamètre par an entre mai et septembre. Cette région qui englobe la région administrative de Lorraine plus les départements de Haute-Saône et de Haute-Marne peut subir des orages violents comme celui du 11 juillet 1984 (Laurent, 1986, Roussel, 1986) mais ces cas extrêmes sont l'exception. La presse rapporte souvent des chutes massives de grêle dans les Vosges (Remirmont, près de Saint-Dié le 16 mai 1996, Mirecourt...). Ces chutes donnent d'énormes quantités de grêle mais les diamètres sont en général inférieurs à 15 mm. Les photographies, impressionnantes, montrent des rues ou des champs couverts parfois de plusieurs dizaines de centimètres de petits grêlons.

Des facteurs spécifiques à cette région expliquent le nombre de chutes de grêle mais aussi leur gravité somme toute limitée.

- Le nombre assez élevé de chutes de grêle dans les flux de NW. Gravier et Roussel (1997) ont bien montré que les situations de traîne orageuse sont plus nombreuses à Nancy qu'à Tours. Leur étude est fondée sur les orages et concerne toute l'année. Mais ces conclusions peuvent s'appliquer à la saison estivale. L'anticyclone des Açores est remonté vers le Golfe de Gascogne et assure la sécheresse sur l'ouest de la France. Les descentes d'air frais accompagnées de fronts froids peuvent descendre sur son flanc est en touchant la Lorraine.

- Gravier et Roussel (1997) observent également que les fronts ondulants sont plus nombreux sur la Lorraine qu'à Tours. "La Lorraine appartient à cet ensemble de régions françaises déjà bien engagées dans la masse continentale de l'Europe...Les dépressions continentales, plus proches, contrôlent aussi plus souvent le temps et font participer l'est de la France aux situations orageuses spécifiques de l'Europe centrale"(p.54). Ces dépressions assez peu creusées en général sont à l'origine des chutes de grêle très localisées mais abondantes. La stabilité de l'orage entraîne l'accumulation de la grêle au même endroit et explique les monceaux de petits grêlons dont les journaux sont friands. L'étude de ces chutes serait d'ailleurs intéressante à approfondir car la multiplication des petits grêlons est l'un des objectifs de la prévention par ensemencement d'iodure d'argent (annexe 4). Comment expliquer de telles accumulations (naturelles c'est-à-dire sans encencement) de petits grêlons ?

- La situation grêligène la plus classique dans le NE combine l'arrivée d'un front froid par l'ouest au sol et des flux de SW en altitude. A l'avant du front, les "vents de sud réactivent les

fronts en les alimentant en air chaud et humide méditerranéen" (Gravier J. et Roussel I., 1997, p. 54). Ce fut le cas pour la chute du 23 mai 1990 à Nancy. Le Nord-Est, assez éloigné de l'anticyclone des Açores en été et en situation septentrionale, peut être affecté toute l'année par des fronts froids générateurs d'orages aux manifestations parfois violentes (Roussel I., 1986).

Ainsi, le NE est la région la plus complexe en matière de prévision des situations grêligènes tant ces dernières sont nombreuses et variées. Pourtant, il faut nuancer les chiffres de fréquence de Météo-France en soulignant qu'une bonne part des chutes sont des chutes de grêle bénignes et peuvent être assimilées à des chutes de printemps comme le confirme la forte baisse de la fréquence en juillet et août. Le risque est minoré par rapport aux régions SW et Rhône-Alpes où la convection est plus forte et où la quasi totalité des chutes de grêle sont associées à des flux de SW donnant des orages plus intenses.

* Jura et Alpes du Nord

Ils font un peu exception dans cette partie est de la France particulièrement affectée par la grêle. La fréquence annuelle (seuil 5 mm, source : Météo-France) est de l'ordre de 0,5 et on ne recense (Argus de la Presse) pas de chutes de grêle massives ces dernières années comme on a pu en recenser dans les Vosges. Dans le Jura, les remontées chaudes et humides sont captées par les reliefs du Bugey et du Revermont (Trautsolt-Roussel I., 1969). Ces assertions sont confirmées par les quelques études de cas que nous avons effectuées (voir plus haut). Le bassin du Doubs et l'intérieur de la chaîne sont protégés des flux de SW ce qui explique les chiffres plus faibles de fréquence de grêle estivale à Besançon.

* Côtes atlantiques du Sud-Ouest (gradient S-N)

Globalement, les côtes sont, en France, les espaces les moins touchés par la grêle. C'est dans le Sud-Ouest que le gradient de fréquence de la grêle entre intérieur et littoral est le plus net. Au sud des Landes pourtant, fréquence et énergie restent élevées : respectivement de l'ordre de 0,22 chutes et 12 J.m⁻² par an et par grêlètre. Ces chiffres s'expliquent par les flux de SW plus fréquents qu'au nord et par l'échauffement estival dont "bénéficie" la côte basque, le Béarn et la Chalosse. Les Landes semblent peu affectées par la grêle, mais la forêt contribue peut-être à l'augmentation de la grêle dans les régions avoisinantes. La côte aquitaine est relativement épargnée par les orages intramasses d'origine thermoconvective mais exposée aux fronts du fait de son ouverture océanisante (Vigneau J.P., 1990 a et b). Ensuite, lorsqu'on monte en latitude, la thermoconvection devient moins active et les flux de SW plus rares en été. Dans les Charentes, fréquences et intensités sont plus faibles que dans le Cher.

* Bassin parisien

Les fréquences de la grêle entre mai et septembre calculées à partir des données Météo-France ne laissent pas apparaître de gradient net dans le Bassin parisien (pris ici au sens large (carte 51). La prise en compte des seules chutes de grêle de juillet et août et des données grélimétriques du Cher et du réseau du vignoble du Champagne révèlent l'existence d'un gradient négatif d'intensité sud-nord. Les chutes de grêlons de diamètre supérieur à 8 millimètres sont trois fois moins nombreuses en Champagne que dans le Cher (Tableau 27). Les flux de SW étant relativement rares, on peut supposer qu'une grande part des chutes de grêle recensées dans les stations Météo-France du Bassin parisien sont liées à des fronts froids voire accompagnent des types de temps de traîne. Elles sont *a priori* moins destructrices que les chutes liées à des orages qui se développent au sein d'une masse d'air épaisse, chaude et humide d'origine tropicale.

* Nord-Ouest (à l'ouest d'une ligne La Rochelle-Laval-Dunkerque)

C'est en Bretagne et sur les côtes de la Manche que la fréquence des chutes de grêle est la plus faible. Il est évident que les 42 chutes recensées à Rennes ne sont pas comparables aux 44 chutes d'Embrun. Les averses de grêle du 11 juin 1997 dans la région nantaise, celle du 1^{er} juin 1994 dans le secteur de Granville (50) prouvent que les averses de grêle massive ne sont pas exclues dans le nord-ouest de la France comme dans toute autre région française mais elles y sont plus rares. La période de retour en un point donné de telles averses est de 10 ou 20 ans contre deux, trois ou cinq ans dans le Sud-Ouest.

* Côtes méditerranéennes

Globalement, les régions méditerranéennes sont peu touchées par la grêle surtout le littoral. Comme dans le Sud-Ouest, le gradient de fréquence de la grêle est fort entre intérieur et littoral. Plusieurs facteurs expliquent cette décroissance :

- l'effet d'abri topographique et l'éloignement par rapport aux fronts froids venant de l'ouest.

- la permanence d'une crête chaude en été qui a été démontrée dans l'étude synoptique. Le Sud-Est doit ses niveaux kérauniques élevés aux orages d'automne.

- l'effet littoral, la masse d'eau stabilise l'atmosphère et limite la thermoconvection diurne.

Sur la côte d'Azur, les statistiques changent avec des maximums d'hiver ce qui prouve une nouvelle fois le fonctionnement climatologique très particulier de cette région française (Carréga, 1991). Les grêles d'hiver peuvent être violentes. Pour le Roussillon, on se référera à la thèse de J.P. Vigneau (1985) qui décrit de nombreux cas de types de temps et situations orageuses gréligènes (Thèse, 1985, pages 221 à 243).

Afin de conserver une certaine cohérence à ce travail, nous n'avons pas approfondi l'étude de la grêle et de ses causes pour chaque région. Il est certain que des études régionales plus précises seraient intéressantes et nécessaires là où la grêle pose problème : problème de la nature des chutes (grêle sèche, spectre grêlimétrique) et de la compréhension des mécanismes grêligènes généraux, régionaux et locaux (piémont pyrénéen). Des études s'imposeraient aussi dans les régions où l'enjeu est fort comme la vallée de la Durance : **enjeu scientifique** qu'est le rôle grêligène des montagnes ; **enjeu socio-économique** que sont les nombreux vergers plantés dans cette région. Ces questions ne sont pas sans conséquence comme le prouve l'intervention du député des Hautes-Alpes, Daniel Chevallier devant l'Assemblée Nationale le 14 septembre 1992. Il "rappelle que la suppression de la prime pour l'incitation à l'assurance grêle pénalise les zones de montagne, particulièrement exposées à ces intempéries de grêle (...) En conséquence, (il) demande de bien vouloir lui indiquer si, pour les secteurs de montagne, une reprise de cette aide est envisagée" (Questions à l'Assemblée nationale n°61706 JOAN du 30 novembre 1992 p. 5406).

Dans les régions où la grêle est rare, la quantification et la spatialisation du risque de grêle s'accommoderait mieux de méthodes semi-quantitatives. L'approche par événements (l'averse de grêle) à partir de sources telles que la presse ou les archives d'assurance permettrait d'éditer des cartes de période de retour pour une surface donnée (900 ou 1600 km²). Cette démarche serait plus adaptée que les mesures purement quantitatives dans les régions où la grêle d'été est rare (Bretagne).

La géographie du risque-agent n'est qu'une géographie du risque potentiel. C'est le risque hypothétique, la probabilité (fréquence) d'une destruction plus ou moins forte liée à l'énergie de la chute de grêle. Cependant, la grêle ne constitue pas un risque sur les chaumes du Cantal bien que la probabilité de chute y soit presque aussi forte que dans la vallée de la Garonne. Il n'y a risque au sens où nous l'avons défini que lorsqu'il y a vulnérabilité et enjeu socio-économique. La réalité du risque-grêle combine la géographie du risque-agent et celle du risque-objet.

La deuxième partie de l'étude du risque-grêle en France s'intéressera donc aux biens vulnérables exposés à la grêle et aux dégâts engendrés par cette dernière, ce que les assureurs appellent "la réalisation du risque".

<p style="text-align: center;">DEUXIÈME PARTIE :</p> <p style="text-align: center;">LES DOMMAGES DE LA GRÊLE EN FRANCE</p>
--

CHAPITRE 4 : la vulnérabilité des biens

**CHAPITRE 5 : la mesure et la prise en charge des
dégâts par l'assurance-grêle**

**CHAPITRE 6 : la réalisation du risque : les dommages de la
grêle en France**

Introduction

1- Les objectifs

Les phénomènes naturels font chaque année plusieurs milliards de francs de dommages en France sans compter les victimes. Ces dommages sont souvent associés aux catastrophes spectaculaires qui ponctuent régulièrement l'actualité mais il existe des phénomènes plus diffus, *a priori* plus anodins, et pourtant destructeurs. La foudre par exemple tue 40 à 50 personnes en France, décime 20 000 têtes de bétail et détruit de nombreux bâtiments chaque année (Faugères L. et Noyelle J., 1992). Ces risques sont une expression normale de la variabilité climatique au même titre que les catastrophes naturelles (Pagney P., 1994). Les conséquences socio-économiques des risques naturels ne sont pas réductibles aux simples catastrophes. La grêle fait partie de ces risques peu médiatisés mais dommageables. Les sources historiques (Chassany J., 1982) regorgent de relations concernant des orages de grêle particulièrement dévastateurs, détruisant ici récoltes, là greniers et chaumières. La grêle ne fait qu'exceptionnellement des victimes en France ; ses conséquences se limitent à la destruction des biens. Ces biens exposés et sensibles à la grêle sont appelés risque-objet. Ce sont de tous temps les dommages portés aux cultures qui ont le plus inquiété. Les enjeux ont changé. Une chute de grêle n'avait pas la même signification dans la société presque entièrement agricole des XVI^{ème} ou XVII^{ème} que pour la société actuelle où l'agriculture n'a ni la même importance ni le même rôle. Néanmoins, si la société change, si les enjeux évoluent, la grêle est inscrite dans l'identité climatique de notre zone dite "tempérée" et constitue une menace potentielle pour les biens.

Quels sont les biens sensibles aux chutes de grêle en France ? Quels sont (et quels ont été) les enjeux socio-économiques du risque-grêle ? Comment mesurer, quantifier et spatialiser les dommages pour comparer leur géographie à celle du phénomène physique ?

La première étape dans l'étude du risque-grêle fut d'évaluer l'acuité du risque-agent. La deuxième s'intéresse au risque-objet, c'est-à-dire aux biens potentiellement et réellement soumis au risque de chute de grêle. Notre objectif est double : **évaluer le risque-objet** potentiel, c'est-à-dire voir quels sont les biens susceptibles d'être

endommagés par la grêle en France et étudier les **dommages réels**, les conséquences économiques de la destruction des biens par la grêle.

Le risque-objet se détermine d'abord par sa **sensibilité** au grêlon : on parle là de sensibilité mécanique pour les matériaux ou de sensibilité physiologique pour les plantes. De quoi dépend le seuil de résistance des biens aux grêlons ? Si, pour les matériaux, ce seuil est aisé à fixer, pour les végétaux, il est plus difficile à déterminer car l'aspect du végétal change au cours de la saison végétative. En tenant compte de plusieurs paramètres, il est possible de hiérarchiser les végétaux en fonction de leur sensibilité à la grêle. Plus le bien exposé à la grêle est sensible, plus le risque de destruction est fort.

Outre la sensibilité physiologique aux grêlons, le risque-objet se définit par l'**enjeu financier** qu'il représente. Quelle est la valeur des biens exposés aux éventuelles chutes de grêle ? Plus cette valeur est forte, plus le risque est élevé. Il ne s'agit plus d'un risque de destruction déterminé par un seuil de résistance mécanique mais du risque économique déterminé par un seuil de résistance financière : quel est l'enjeu financier d'une chute de grêle pour une exploitation agricole de cent hectares de céréales ou de dix hectares de vergers ? À quelle perte potentielle une entreprise est-elle capable de faire face ?

Enfin, lorsque le risque-agent atteint le risque-objet, il y a **dommage**. L'ampleur des dommages est évaluée soit par le degré de destruction du bien, c'est le taux de perte (un taux de perte de 100 % correspond à une destruction totale), soit par le montant des pertes financières causées par la chute de grêle.

2- Les sources

De quels outils de mesure dispose-t-on pour évaluer la valeur du risque-objet et quantifier les dégâts ? Pour la plupart des risques naturels, on se contente de chiffrer approximativement la valeur des biens exposés. La répétition du séisme de Lambesc de 1909 causerait aujourd'hui 5 milliards de francs de dommages. Des inondations (type 1910) en région parisienne engageraient 55 milliards de francs de biens (Bourrelier P.H., 1997). Mais ces chiffres sont de grossières évaluations et surtout n'ont pas été corroborés par la pratique. Pour les dégâts réels, les chiffres sont plus précis surtout depuis que les catastrophes naturelles sont régies par la loi de 1982 : les événements les plus importants donnent lieu à des estimations : ceux de Nîmes (1988) et de Vaison-la-Romaine (1992) ont causé chacun 2 milliards de francs de dommages. Mais l'évaluation reste événementielle et non globale.

L'outil d'évaluation financière des dommages de la grêle est l'assurance. La grêle est un risque assurable. Les assureurs chiffront donc les engagements, c'est-à-dire les

valeurs garanties qui constituent le risque-objet. Les dommages de la grêle peuvent être estimés à partir des indemnités versées par les assureurs aux assurés sinistrés. Pour des raisons que nous exposerons plus loin (propres au type de contrat), les assureurs ne comptabilisent pas précisément et systématiquement les dégâts de la grêle sur les véhicules et les bâtiments. Nos travaux portent donc essentiellement sur les dégâts de la grêle sur culture.

Nous avons eu accès aux résultats de tous les assureurs français pratiquant l'assurance grêle sur récolte. Ils constituent la source quasi unique de cette deuxième partie consacrée aux enjeux et aux conséquences socio-économiques de la grêle en France. L'intérêt de ces données est, nous le verrons, considérable pour la quantification des enjeux financiers (risque-objet) et des dommages de la grêle. L'obtention des données départementales nous a permis de cartographier avec une certaine précision la répartition du risque à l'échelle de la France.

Ces chiffres sont inédits. L'assurance est un domaine commercial où règne une forte concurrence entre les compagnies. Il y avait en 1996 plus de 60 milliards de francs de cultures assurées. Les cotisations versées par les assurés dépassent le milliard de francs. Les enjeux de l'assurance grêle ne sont donc pas négligeables même s'ils sont minimes comparés à ceux d'autres branches de l'assurance. Certaines sociétés ne vivent que de l'assurance grêle. On comprend la réticence des assureurs à diffuser leurs résultats. Nous avons été tenus à une certaine confidentialité des données ce qui explique le faible nombre de chiffres précis énoncés dans le texte surtout à l'échelle départementale, mais cela n'a freiné en rien l'étude cartographique. Le relatif secret commercial entourant les résultats de l'assurance grêle et la diffusion récente des moyens informatiques aptes à collecter, traiter et archiver ces données expliquent aussi la quasi-absence d'étude récente sur les dommages de la grêle en France. Le seul document comparatif que nous ayons pu utiliser est une étude des dommages de la grêle en France faite par le Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts dépendant du Ministère de l'Agriculture (CTGREF, 1978).

Les données de l'assurance sont très riches. Leur étude ne saurait en aucun cas être exhaustive. Comme pour l'étude climatologique des chutes de grêle (première partie), notre optique est avant tout géographique. Il s'agit de cartographier les enjeux financiers et les dommages de la grêle pour montrer que la spatialisation du risque est un élément essentiel de sa définition et donc de sa gestion.

3- Le plan adopté

La figure 26 résume la progression de la deuxième partie. Il semblait nécessaire de décrire dans un premier temps (chapitre 4) les dégâts des grêlons sur les biens. Ils sont la conséquence immédiate, physique, du risque-agent étudié en première partie. L'approche est descriptive et phénoménologique. Notre premier souhait est de mettre en évidence la complexité des facteurs intervenant dans la **vulnérabilité physique** des biens. Le second objectif est d'établir une hiérarchie des biens en fonction de leur vulnérabilité aux chutes de grêle en insistant sur les biens agricoles.

Le chapitre 5 est consacré à la prise en charge du risque par l'assurance et à la mesure des enjeux économiques de la grêle sur les récoltes. La **vulnérabilité** n'est plus physiologique mais **financière**.

Nous terminerons cette deuxième partie par une étude des dommages de la grêle sur les récoltes en France. Les résultats concernent d'abord les **dommages assurés**, dûment chiffrés, mais partiels. L'assurance ne couvrant pas tous les biens, les estimations seront donc étendues aux **dommages totaux** de la grêle. Enfin, nous **comparerons ces dommages au risque-agent**. Y a-t-il correspondance entre la mesure du risque *a priori*, le risque potentiel que représentent les chutes de grêle et la mesure du risque réalisé *a posteriori*, c'est-à-dire les dommages ?

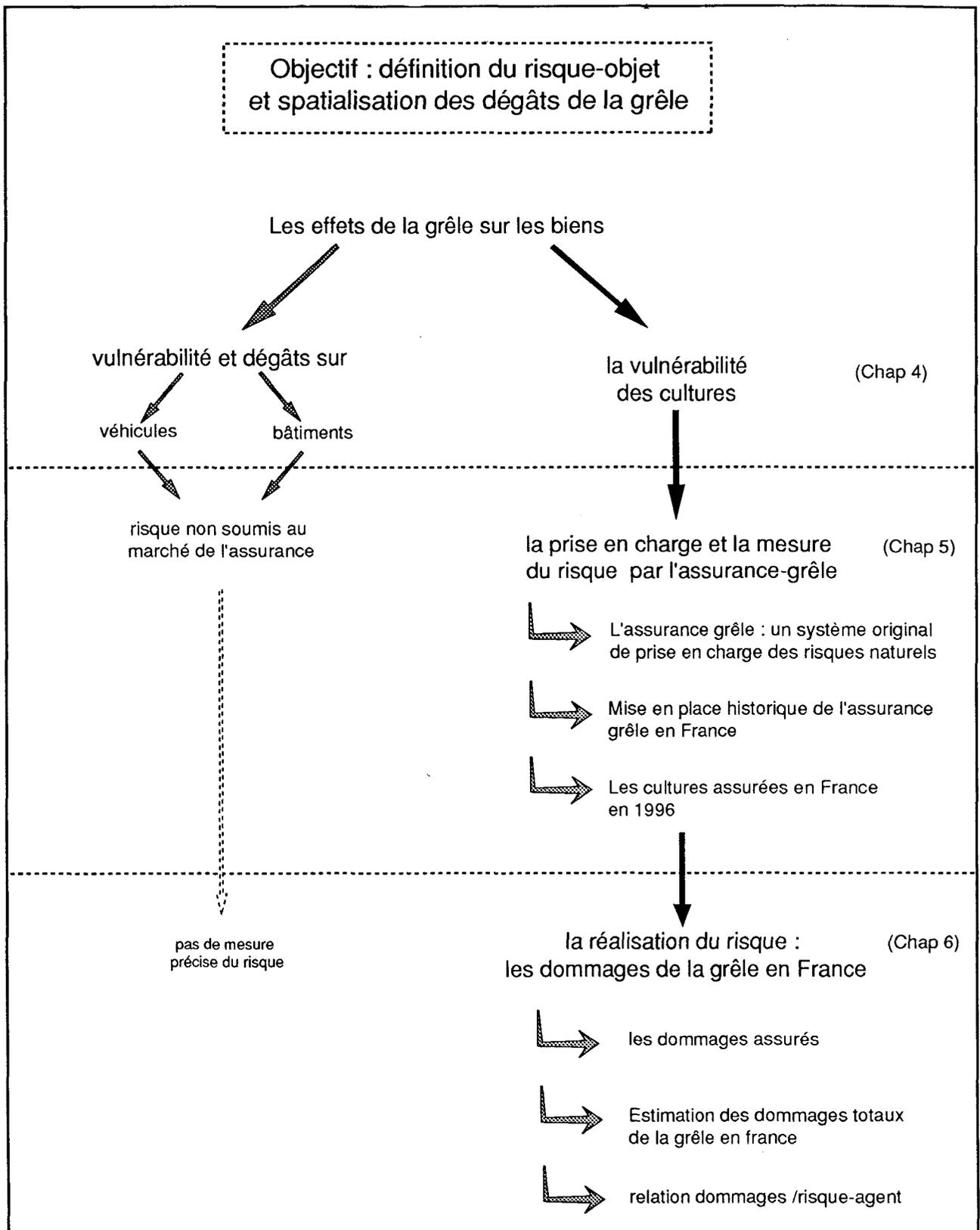


Fig. 26 - Objectifs et démarche pour l'étude des dommages de la grêle en France

Chapitre 4

La vulnérabilité des biens

- 1- Les dégâts de la grêle sur les biens non agricoles
- 2- Les dégâts sur végétaux
- 3- Vulnérabilité conjoncturelle et structurelle des cultures
- 4- L'exposition au risque-agent

Chapitre 4

La vulnérabilité des biens

Introduction

On recense en France de temps en temps quelques blessés légers -contusions au cuir chevelu la plupart du temps- dus à des chutes de grêle. Les décès sont possibles mais exceptionnels en France. Les conséquences socio-économiques de la grêle se cantonnent le plus souvent à la dégradation ou la destruction des biens. La définition du risque-objet commence donc par l'étude de la vulnérabilité des biens exposés aux éventuelles chutes de grêle. Nous étudierons dans ce chapitre les conséquences directes de l'impact des grêlons sur les biens : véhicules, bâtiments et cultures. Nous insisterons sur les dégâts sur récoltes, les seuls dûment quantifiés par l'assurance-grêle, en hiérarchisant les récoltes selon leur sensibilité à la grêle.

1- Les dégâts de la grêle sur les biens non agricoles

L'étude des dégâts sur les biens non-agricoles se heurte au manque de données et à l'hétérogénéité des sources. En effet, il n'existe pas de comptabilité précise et complète des dégâts de la grêle sur les véhicules et les bâtiments (risque-objet non agricole). Pour la typologie des dégâts, outre les entretiens avec des experts des assurances, nous avons étudié les renseignements fournis par la presse. La bibliographie fournit des exemples d'études d'orages de grêle en zone urbaine (Boivin D.J. et Lacroix J., 1990 ; Charlton R.B. et *alii* , 1995...). Les rapports des assureurs (Münchener Rück, 1984 ; Kowalsky, 1987) sur ces mêmes gros sinistres sont la principale source pour la quantification des dégâts de la grêle sur les biens non-agricoles.

1.1- Les dégâts sur bâtiments

1.1.1- L'inégale résistance des matériaux

Les dégâts sur bâtiments sont assez rares par rapport à ceux causés aux récoltes. Ils requièrent des diamètres de grêlons d'au moins un centimètre. Toutefois, tous les ans,

des constructions sont touchées par la grêle. Trois parties de bâtiments sont concernés types de matériaux : les dégâts sur verre, les dégâts sur toiture et les dégâts sur façades.

Les dégâts les plus courants concernent les constructions en verre ou les parties vitrées des habitations : serres, verrières, vitres. En 1983, à Nantes, le passage Pommeraye, verrière du XIX^{ème} siècle rendue célèbre par les films de Jacques Demy, fut détruite par la grêle. Les pertes de patrimoine sont fréquentes, notamment les vitraux des édifices religieux. Les serres agricoles, les vérandas sont aussi particulièrement vulnérables.

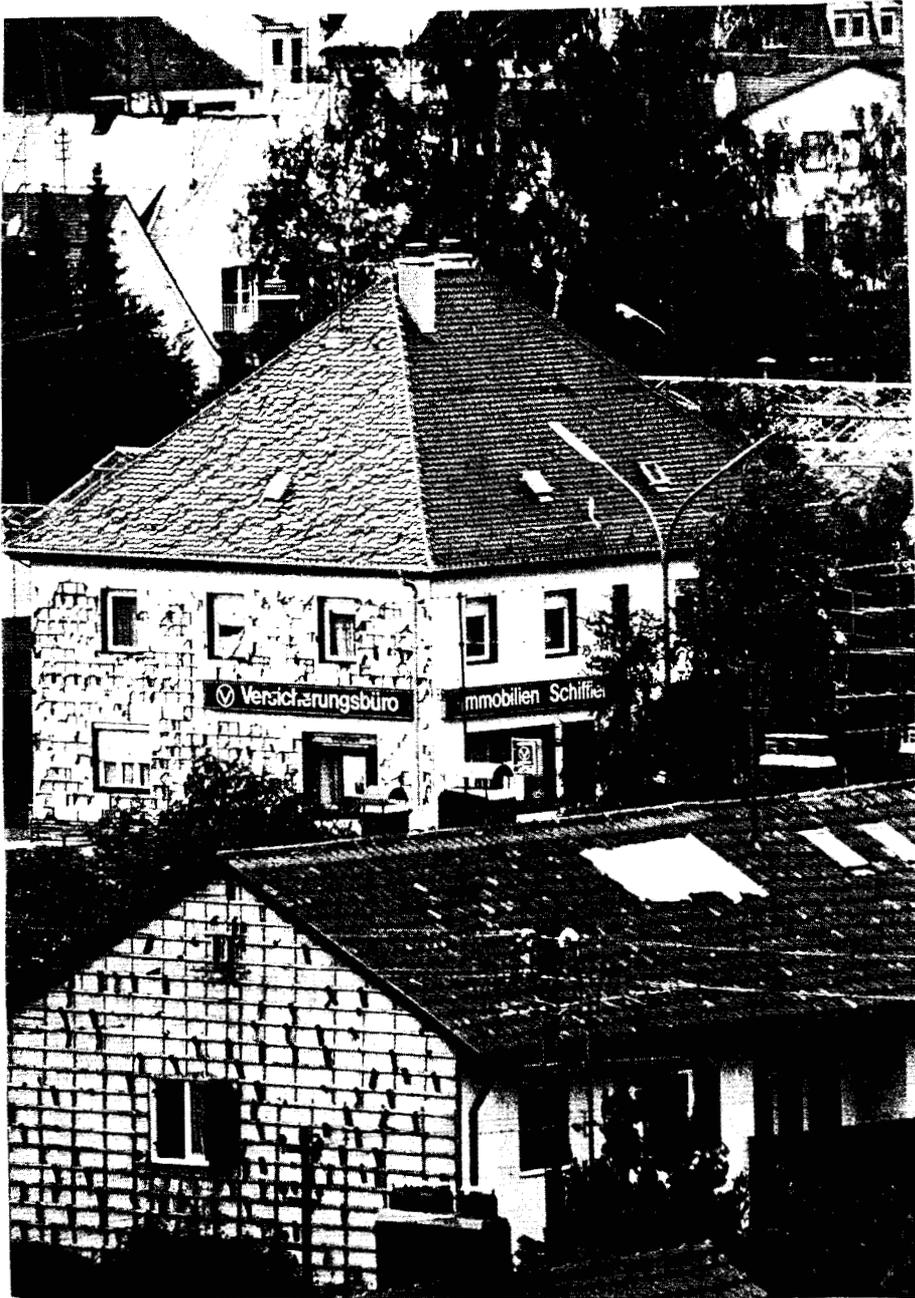
Sur les toitures, les dégâts dépendent, outre du diamètre des grêlons, de la résistance du matériel. Dans l'ordre croissant de résistance, on a : le fibro-ciment, l'ardoise, la tôle et le zinc, le bardeau bitumé feutre de goudron (toits plats) et la tuile. La tuile ronde résiste à des grêlons de près de deux centimètres de diamètre alors que la tuile plate cède à partir de diamètres de l'ordre de 1,5 centimètre. Les matériaux souples comme le bardeau bitumé sont assez résistants. Les ouvertures vitrées dans les toitures (type Velux) sont souvent les premières touchées.

Sur les façades, les dégâts concernent la peinture ou le revêtement en général. La photographie n°5 prise après une averse de grêle en Allemagne en 1984 montre un bardage d'habitation complètement bombardé par la grêle. Seule la façade exposée au vent est détruite. Les vitres et les volets sont aussi touchés, de même que les gouttières et les chaîneaux d'évacuation des pluies. L'obstruction des gouttières peut provoquer un débordement des eaux de pluie et un sinistre "dégâts des eaux" indirectement provoqué par la grêle. Les descriptions de dégâts montrent que les pièces de plastique (volets, gouttières...) sont les premières touchées. La tendance actuelle aux économies sur la qualité des matériaux (on remplace le zinc par le PVC) entraîne une plus grande vulnérabilité face à la grêle. Les gouttières en plastique (PVC) peuvent être abîmées par des grêlons de 8 millimètres de diamètre. Il faut dans ce cas changer la pièce entière contrairement au zinc qui n'est que cabossé par les grêlons et donc redressable. Le PVC est le matériau le plus fragile.

Des dégâts peuvent affecter les plantations, les jardins particuliers. Ils ne sont en général pas couverts par les assurances.

1.1.2- La prise en charge des dégâts sur bâtiments : une extension de garantie obligatoire

Les dommages sur bâtiment dus à la grêle sont couverts par la garantie TGN ("Tempête, grêle, poids de la neige"), garantie proposée depuis le 1^{er} janvier 1984 dans tous les contrats d'assurance dommage classiques (assurance multirisques habitation, assurance incendie...) Ces contrats servant de base à l'extension de garantie TGN sont



Photographie 5 - Habitation endommagée par une chute de grêle
le 12 juillet 1984 à Munich. Les grêlons les plus gros mesuraient de 5 à 9 cm de diamètre pour une masse de 150 à 300 g. Seules la façade et la toiture orientées au sud-ouest ont été touchées ce qui souligne le rôle du vent comme facteur aggravant dans les chutes de grêle.

appelés "contrats-socles". Il s'agit bien d'une extension de garantie imposée par les pouvoirs publics sur des contrats déjà existants.

Les biens couverts sont ceux contenus dans les contrats-socles. Les dommages couverts sont ceux engendrés par le choc de la grêle sur les toitures et les biens couverts ainsi que les dégâts de "mouille" sur les biens assurés consécutifs à la destruction partielle ou totale de la toiture (dans un délai de 48 heures après cette destruction). Sont en général exclus les plantations, potagers, mobiliers extérieurs et autres nains de jardin. Depuis la loi du 25 juin 1990, la garantie TGN est rendue obligatoire dans les contrats d'assurance incendie (article 1^{er} loi 90-509 du 25 juin 1990 modifiant l'article L. 122-7 du code des assurances).

1.2- Les dégâts sur véhicules

1.2.1- Les dégâts sur automobiles

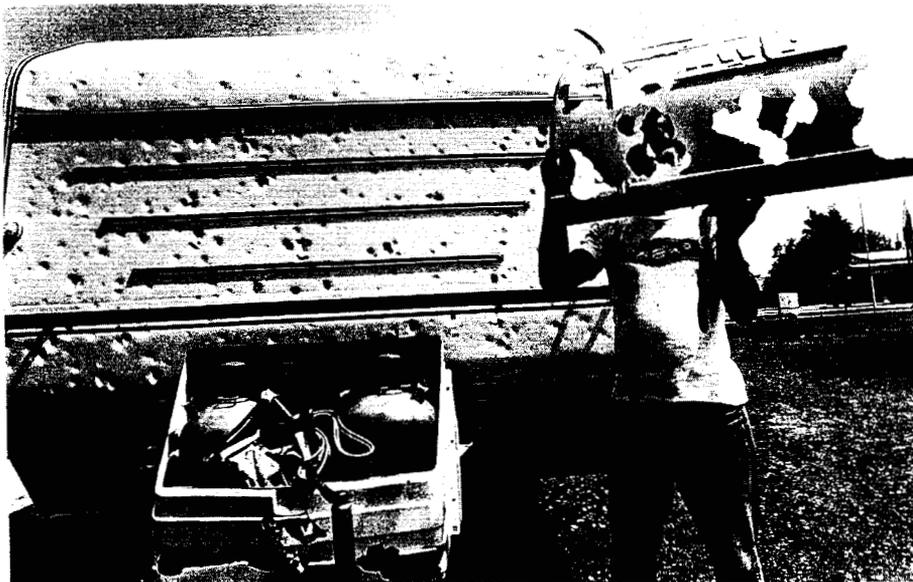
Sur les automobiles, les dégâts vont de l'écaillage de la peinture à la perte des pare-brise (photographies 6 et 7). Les dégâts apparaissent pour des grêlons de 10 millimètres de diamètre. Les principaux éléments touchés sont dans l'ordre décroissant de leur vulnérabilité : le pavillon, le capot avant, le capot arrière ou le hayon, le pare-brise arrière et le pare-brise avant. La plus grande résistance du pare-brise avant est liée au fait qu'il est constitué de verre feuilleté alors que le pare-brise arrière est fait de verre trempé. Si les grêlons tombent obliquement (cas de chutes de grêle avec vent fort), les parties latérales peuvent être touchées. Les constructeurs ont tendance à rechercher des allègements au niveau du capot et du pavillon quitte à renforcer l'habitacle pour des raisons de sécurité. Cette tendance peut renforcer la vulnérabilité des carrosseries. Un autre facteur a renforcé récemment en France le coût potentiel d'un hypothétique sinistre : c'est le rajeunissement du parc automobile qui augmente le nombre de contrat d'assurance "tous risques" et le coût des réparations. La possession d'un garage ne garantit pas forcément de la grêle puisque les chutes ont surtout lieu en fin d'après-midi à un moment où les automobiles sont concentrées sur les parkings des entreprises ou des supermarchés.

Les parcs de stockage d'automobiles sont un des risques-objet particulièrement exposés. Les fabricants ou les concessionnaires peuvent stocker jusqu'à 20 000 véhicules sur un même parking. Après les chutes qui frappèrent la région lyonnaise en 1993 (5 juillet) et 1994 (14 juillet), certains concessionnaires ont équipé leurs parkings de filets



cliché : Münchener Rück, 1984

Photographie 6 - Dégâts de la grêle sur véhicule (1)
Pare-brise feuilleté atteint par des grêlons de 4 à 5 cm de diamètre lors de l'orage du 12 juillet 1984 à Munich.



cliché : Münchener Rück, 1984

Photographie 7 - Dégâts de la grêle sur véhicule (2)
Caravane transpercée par des grêlons de 5 à 9 cm de diamètre lors de l'orage du 12 juillet 1984 à Munich.

paragrêle. Une chute de grêle spectaculaire sur le parc de stockage d'un constructeur de caravane en Allemagne a donné lieu (en 1993) à une tentative d'escroquerie à l'assurance-grêle. Un groupe de gitans avait racheté les caravanes neuves mais cabossées par la grêle pour les réassurer en France. Au bout de quelques semaines, ils demandèrent des indemnisations pour dégradations dues à la grêle. Après une enquête rapide de l'Alfa²⁸ auprès des services de Météo-France, il fut prouvé qu'il ne pouvait pas y avoir eu chute de grêle en France à la date indiquée dans la déclaration de sinistre. Les escrocs en furent pour leurs frais.

1.2.2- Autres dégâts concernant des véhicules

Outre les dommages aux véhicules stationnés, il faut signaler les accidents de la route causés par la grêle. La presse en relate régulièrement. Renseignements pris auprès de la Sécurité Routière²⁹, il n'existe pas de comptabilité spécifique des accidents dus à la grêle. Ces accidents sont inclus dans les accidents dus "à la grêle ou à la neige". Dans cette catégorie, les accidents dus à la neige sont nettement majoritaires. La grêle ne doit causer que quelques dizaines d'accidents par an au maximum. La bibliographie relate quelques cas d'accidents spectaculaires. Ces accidents sont en fait surtout dus aux chutes printanières, plus nombreuses, où les innombrables petits grêlons gênent la visibilité (Pike W.S., 1992).

Comme les automobiles, les autres véhicules peuvent être détériorés par la grêle. C'est le cas des avions. Les effets de la grêle sont de deux types. Lorsque l'avion est au sol, les grêlons font des dégâts sur la carlingue comme sur les carrosseries automobiles (Delwarde C. et Montjauze F., 1996). Une étude de l'ANELFA³⁰ simulant les conséquences d'une chute de grêle sur une carlingue d'avion au sol a montré que les dégâts apparaissent à partir de 20 mm de diamètre. Pour un diamètre donné, la vitesse du vent amplifie les dégâts. Le risque-objet est géographiquement encore plus concentré que le risque-objet "automobile". Il faut qu'une chute de grêle violente touche un aéroport. Ce fut le cas à Munich en 1984 (Münchener Rück, 1984) : la grêle avait atteint l'aéroport et des grêlons mesurant jusqu'à 10 cm de diamètre avaient endommagé 24 avions de ligne et 150 avions de tourisme soit un montant total de dommages de près de 180 millions de marks (uniquement pour la somme remboursée par les assureurs). Par ailleurs, pour les avions en vol, la grêle peut gêner le vol, endommager la carlingue voire mettre la sécurité

²⁸ Association de lutte contre la fraude à l'assurance.

²⁹ Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière : "Grands thèmes de la Sécurité Routière en 1995", La Documentation Française, p. 201 à 206

³⁰ Brochure annuelle de l'ANELFA, n°40, 1992, pp. 55-57.

du vol en péril lorsque les grêlons pénètrent dans les réacteurs. De nombreuses études techniques (diligentées le plus souvent par les militaires) étudient l'impact des grêlons sur les carlingues et la probabilité de rencontrer des grêlons dans un nuage. La force des grêlons est renforcée par la vitesse de l'avion et on a vu des avions atterrir complètement cabossés après s'être fourvoyés dans un cumulonimbus grêligène.

1.3- Les dégâts indirects de la grêle en zone urbaine

La grêle est aussi à l'origine de dégâts indirects en zone urbaine (figure 27). Les coupures de presse relatent certains scénarios récurrents.

* L'accumulation de grêle sur les toits plats comme ceux des supermarchés ou des usines, en bouchant les canalisations d'évacuation des eaux, provoque des dégâts soit :

- par effondrement partiel ou total du toit sous le poids de la grêle et de l'eau accumulée faute d'évacuation,
- par débordement de l'eau qui ne peut s'évacuer. La grêle favorise l'infiltration des eaux et l'inondation par le toit des bâtiments.

L'effondrement des toits ou des verrières peut entraîner de lourdes pertes en capital (inondations) et un manque à gagner dans le cas d'entreprises fermées pour réparations.

* La presse signale des cas impressionnants de congères de grêlons et d'inondations notamment dans les Vosges (mai 1996). Ces congères ne sont pas dues au vent bien sûr mais résultent du transport d'une multitude de petits grêlons par les eaux de ruissellement. Les grêlons s'accumulent dans les zones basses et bloquent l'évacuation des eaux. Caves et sous-sols se retrouvent inondés alors que souvent les quantités de pluies et les intensités n'ont rien eu d'extraordinaire. Le risque est majoré lorsque la pluie tombe après la grêle. Les grêlons tombés bloquent l'évacuation des eaux et la fonte des grêlons amplifie l'intensité du ruissellement.

Ces types de dégâts indirects ne sont pas exclusifs des chutes de grêlons à fort diamètre. Une chute massive de petits grêlons (un centimètre de diamètre) peut boucher les canalisations d'évacuation des eaux. C'est la raison pour laquelle ce type de dégâts se rencontre aussi dans des régions habituellement peu touchées par les chutes de grêle intenses (Redon (35) en 1996, sud de Nantes en juin 1997 ; dans les Vosges, le 9 mai 1997, et près de Saint-Dié (88) le 16 mai de la même année...)

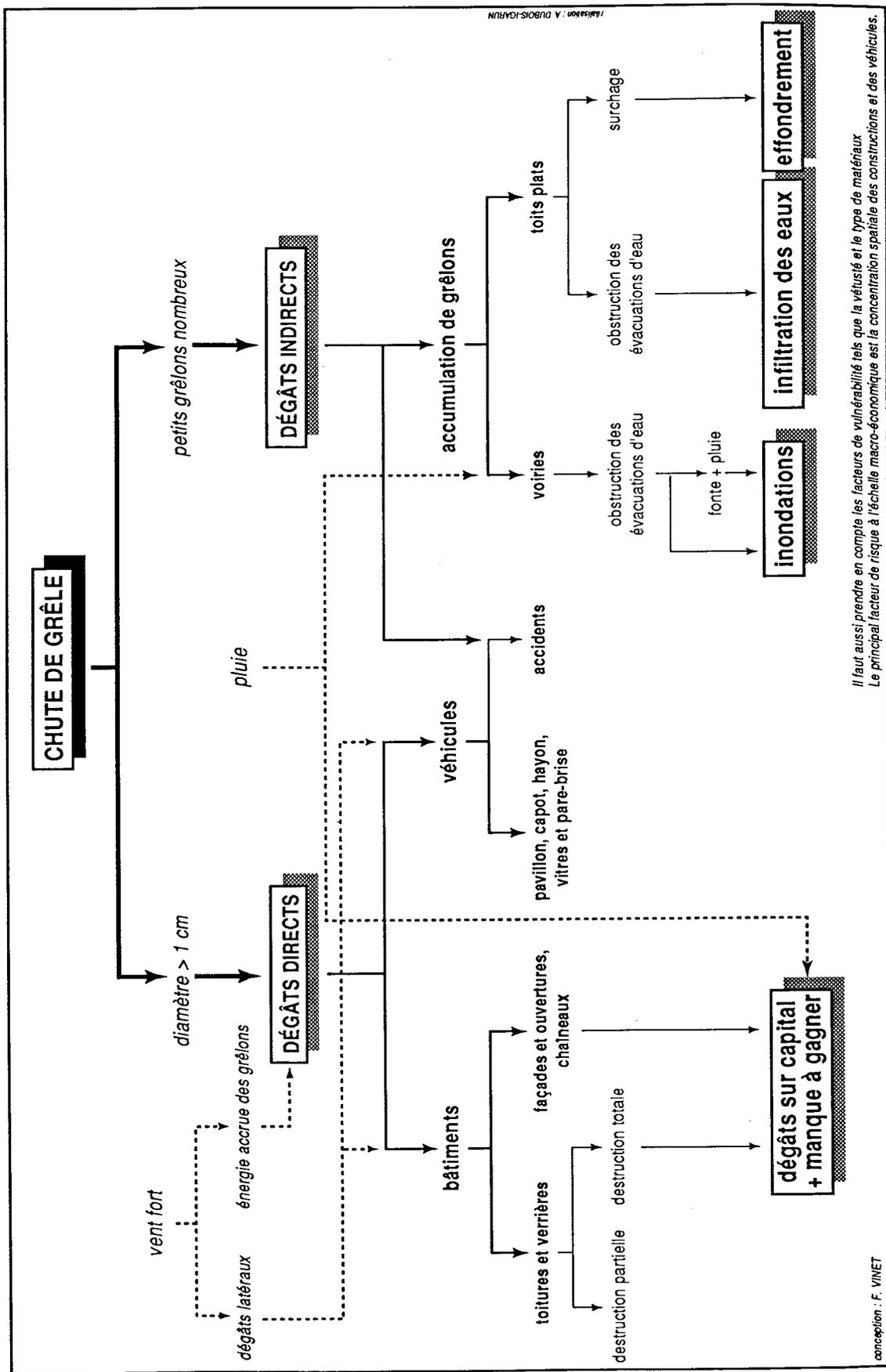


Fig. 27 - Les effets des chutes de grêle en zone urbaine

A titre d'exemple, la dépêche de l'AFP ci-dessous illustre le genre de dégâts causés par la grêle en zone urbaine.

19 Juin 1994 9 H 26

Divers-intempéries

Dégâts à Aubusson après un violent orage de grêle

AUBUSSON, 19 juin 1994 (AFP) - Un orage de grêle qui s'est abattu samedi 18 juin en fin de journée sur Aubusson (Creuse) a causé d'importants dégâts sans faire de victime, détruisant notamment de nombreuses toitures...

Des grêlons gros comme des oeufs de pigeon se sont abattus samedi vers 18h00 sur Aubusson. L'orage très intense n'a duré qu'une vingtaine de minutes, mais il a paralysé les rues du centre de la ville pendant plus d'une heure, la glace atteignant parfois une épaisseur de 50 cm, ont précisé les pompiers.

La grêle a gravement endommagé les 900 m² de toitures de l'Ecole Nationale d'art décoratif, sur laquelle les pompiers ont dû poser une quarantaine de bâches, et les verrières des halles de la ville. La plupart des commerces du centre d'Aubusson ont également eu leurs vitrines cassées ou ont été inondés. Un supermarché a encore été évacué car la toiture menaçait de s'effondrer, les grêlons ayant bouché les conduits d'évacuation des eaux de pluie.

Les pompiers ont procédé à une soixantaine d'interventions et les opérations de secours se sont terminées vers 1h00 le dimanche.

N.B. : C'est nous qui soulignons. Oeuf de pigeon : 2 à 3 cm de diamètre.

1.4- Le coût de la grêle sur véhicule et bâtiment

1.4.1- Les régimes de garantie du risque-grêle sur bâtiments et véhicule

La garantie contre les dégâts de la grêle sur véhicule ne fait pas l'objet de contrat spécifique. Elle est incluse dans les contrats globaux d'assurance dommage. Il n'est donc pas possible de distinguer les dégâts dus à la grêle d'autres dégâts. Les garanties sont obligatoires donc elles ne font pas l'objet, contrairement à la grêle sur récolte, d'un marché libre. Dans le cas de la grêle sur véhicule terrestre à moteur, la garantie est incluse dans le contrat d'assurance dommages. Les dégâts de la grêle sont pris en charge si le

véhicule est couvert par une assurance "dommages tous accidents"³¹. Le bris de glace peut être inclus dans des contrats "dommages au tiers". Pour les bâtiments, nous avons vu qu'il s'agit d'une extension de garantie obligatoire. Dans les deux cas, il n'y a donc pas nécessité pour l'assureur de calculer de taux de prime afin de faire payer le risque au prix juste. On ne dispose donc pas de statistiques précises concernant les dégâts de la grêle sur véhicule ou bâtiment.

1.4.2- La difficile quantification de la grêle sur véhicules ou bâtiments

La quantification des dégâts est difficile du fait de l'absence de comptabilité spécifique. De plus, le calcul d'un montant total annuel moyen de dommages sur véhicules ou bâtiments en France n'aurait pas beaucoup de sens du fait de la variabilité interannuelle des dégâts. En effet, l'ampleur de ces dégâts est extrêmement variable d'une année à l'autre étant donnée la concentration géographique du risque-objet. Elle dépend de l'occurrence d'une grêle de diamètre supérieur à 15 millimètres au moins sur une zone urbaine. Ces chutes de grêle sont rares mais désastreuses. Pour les dégâts sur bâtiments (T.G.N.), les quelques chiffres dont nous disposons par le C.D.I.A. (Centre de Documentation et d'Information de l'Assurance) ne distinguent pas les dégâts causés par la tempête de ceux causés par la grêle ou la neige.

Il faut faire la part des dégâts conventionnels, assez fréquents, qui touchent quelques automobiles ou bâtiments des quelques gros orages de grêle qui peuvent frapper plusieurs milliers de véhicules ou habitations. Dans le premier cas, les sinistres sont éparpillés sur le territoire ; dans le second, la combinaison de supercellules orageuses très puissantes et de l'effet de la concentration des capitaux dans les zones urbaines amplifie les dégâts. En la matière, la "référence" est la chute de grêle qui s'est abattue sur Munich le 11 juillet 1984 (Münchener Rück, 1984): 70000 bâtiments et 240000 véhicules furent abîmés par des grêlons atteignant 9 centimètres de diamètre. La bibliographie rapporte d'autres sinistres de ce genre : Nantes en 1983 (Escourrou et Tonnerre, 1984), Edmonton au Canada en 1987 (Charlton R.B. et *alii*, 1995) où le coeur de l'orage de grêle s'étendit sur 125 km² avec des grêlons de la taille de balles de tennis.

³¹ A partir du 1^{er} janvier 1998, la MAIF a ajouté une garantie Dommages "événements climatiques" à sa formule de base. Cette garantie couvre les événements tels que les orages et la grêle qu'ils soient déclarés "catastrophe naturelle" ou non. Franchise de 1500 F. La faible sinistralité dans ce domaine et dans les autres (vol et accident) depuis 1995 a certainement favorisé cette mesure.

Pour le risque-grêle sur véhicule, ce ne sont pas les dégâts en soi qui inquiètent les assureurs car la garantie "tous risques" inclut obligatoirement le risque-grêle. Toute augmentation des dommages à l'échelon national peut se répercuter de façon indolore dans les cotisations de l'année suivante. En revanche, le risque est, pour les assureurs, d'avoir à faire face à un sinistre majeur endommageant plusieurs milliers de véhicules en même temps. Le problème est le même pour le risque-tempête : les petits coups de vent locaux sont facilement assimilables par le système assurantiel ; en revanche les assureurs redoutent les tempêtes d'ouest qui ravagent toute une région sur leur passage. L'approche est donc plus événementielle et probabiliste que statistique. Ce n'est pas le coût moyen annuel de la grêle sur bâtiment ou véhicule qui intéresse les assureurs mais le coût maximum auquel ils devraient faire face en cas de chute de grêle massive en zone urbaine.

1.4.3- L'évaluation et la prévision des gros sinistres

1.4.3.1- Les sinistres du 5 juillet 1993 en France et de Munich en 1984

Les grosses chutes de grêle ont fait l'objet de quelques études. Nous avons cité plus haut, lors de la description des dégâts sur véhicules, l'étude concernant l'orage de Munich du 12 juillet 1984 (Münchener Rück, 1984)³². C'est un exemple extrême -mais assurément reproductible- des dommages que peut laisser le passage d'une supercellule grêligène sur une zone urbaine. Pour cette journée du 12 juillet, les dégâts indemnisés ont été chiffrés à 1,41 milliard de marks. Ils se répartissent comme suit :

Assurance agricole et horticole : 5,7 %

Assurance sur la propriété bâtie : 25 %

Assurance automobile : 56,5 %

Assurance navigation aérienne 12,8 %

Le coût réel de la grêle a été estimé au double du chiffre remboursé par les assureurs soit 3 milliards de marks. C'est l'automobile qui a constitué le principal poste d'indemnisation. Le coût des sinistres allait de 100 à 20 000 DM, ce qui confirme l'énergie particulièrement forte de la grêle.

Les chutes de grêle du 5 juillet 1993 (voir chapitre 3) ont frappé les agglomérations de Limoges, Tarbes, Lyon. D'après une étude récente de la Soréma³³ (Fort D. et Lauré D., 1996, p. 13), les chutes de grêle du 5 juillet 1993 auraient coûté 728 millions de

³² Elle est souvent prise en référence dans la bibliographie (Kowalski, 1987 ; Charlton et *alii*, 1995)

³³ La SOREMA est une filiale de réassurance de Groupama. Etude aimablement communiquée par Nicolas Chatelain.

francs aux assureurs automobile français pour 91 000 véhicules indemnisés et sans doute plus de 100 000 touchés. Nous avons cartographié les dégâts recensés par la MAIF dans le chapitre précédent. On peut par extrapolation des chiffres de cette compagnie évaluer les dégâts sur bâtiments à 400 millions de francs, non compris les dommages sur le patrimoine public (éclairage public, mobilier et immobilier appartenant à l'Etat ou aux collectivités locales...)

Ce sont les dégâts sur véhicules qui donnent le plus de souci aux assureurs car les automobiles constituent une masse capitalistique plus fragile et spatialement plus concentrée que les bâtiments.

1.4.3.2- La prévision du Sinistre Maximum Probable

Pour les assureurs, le contrôle des accumulations de capitaux sur un espace restreint (Abrassart E., 1997) fait partie de la gestion prévisionnelle du risque. A partir de l'exemple des chutes de grêle du 5 juillet 1993 dans le département du Rhône, l'étude de la Sorema (Fort D. et Lauré D., 1996) évalue les conséquences possibles d'une chute de grêle massive sur le parc automobile français. Le but est de déterminer le SMP (Sinistre Maximum Probable) afin de constituer des réserves financières pouvant y faire face. Pour chacune des 22 régions françaises, les auteurs ont évalué le coût moyen d'un tel sinistre à partir du sinistre de référence du 5 juillet 1993 dans la région Rhône-Alpes. Le coût du SMP tient compte du nombre d'automobiles dans le secteur le plus dense de chaque région. La carte des SMP reproduit donc en gros la carte de France des entités urbaines. Le SMP est de 3,2 milliards de francs en Ile-de-France, un milliard dans le Nord-Pas-de-Calais et 800 millions de francs dans les Rhône-Alpes. L'étude ne prend pas en compte le temps de retour d'un tel sinistre. Il est évident que la région Rhône-Alpes est plus fréquemment touchée par les orages de grêle que le Nord-Pas-de-Calais. Le risque-objet (c'est-à-dire le capital exposé) est certes plus fort en Nord-Pas-de-Calais mais nos analyses des données occurrenceielles (Météo-France) et grêlimétriques l'ont montré, le risque-agent (fréquence et intensité des chutes de grêle) y est moindre que dans la région lyonnaise.

Il y a matière à recherche dans ce domaine. Une prise en compte du risque-agent serait possible à partir des données grêlimétriques du Sud-Ouest en déterminant l'espace maximum affecté lors d'une journée de grêle par des grêlons d'un diamètre supérieur à un centimètre par exemple. Une autre piste à explorer est la presse (par l'Argus de la Presse) qui donne souvent des détails sur les dégâts aux automobiles. Un recensement³⁴ et une

³⁴ Ce travail a été engagé par le GNEFA (voir chapitre 1). Il s'affine au fil des années.

cartographie des chutes de grêle ayant entraîné des dégâts sur véhicules (ou bâtiments) serait intéressante pour les assureurs. L'approche en la matière doit privilégier l'événement extraordinaire et sa récurrence plus que la perte moyenne annuelle mieux adaptée, elle, à la quantification et à la gestion du risque-grêle sur récolte.

2- Les dégâts sur végétaux

Le véritable problème de la grêle vient surtout de la destruction des récoltes sur pied. Les prairies et les forêts sont peu concernées. Pour ces dernières, l'assurance est peu répandue sauf pour les pépinières. Les dégâts se limitent aux faîtes non-aouûtés et à un éventuel retard de croissance (Münchener Rück, 1984 p.18). Les blessures sur le bois peuvent favoriser l'incursion d'insectes et de parasites. En tout cas, la grêle est un fléau mineur pour la forêt. Les dégâts dus au vent sont infiniment plus répandus et plus graves (Simon L. et Tabeaud M., 1993 ; Doll D., 1988).

Les dégâts sur les cultures sont souvent propres à chaque type de plante. Nous resterons aux généralités et prendrons souvent comme exemple la vigne et les vergers pour lesquels les dégâts sont bien connus car les plus coûteux.

2.1- Typologie des dégâts

2.1.1- Les pertes directes : pertes de qualité et pertes de quantité

Les grêlons peuvent provoquer des dommages directs en mettant à terre les fruits ou les grains (photographie 8 à 19). Il y a perte d'une partie de la récolte. La perte de quantité concerne surtout les céréales et la vigne. Les grêlons peuvent aussi endommager la récolte sans la détruire totalement. C'est le cas pour les fruits (pomme, poire...) et les légumes (salades, légumes-fruits). Si la chute de grêle n'a pas été trop violente, le fruit cicatrise et forme des plaques de "liège" (photographie 10 à 13). Il peut poursuivre sa maturation même abîmé mais il aura perdu en qualité et en valeur marchande. Si le fruit est invendable en frais, il part à l'industrie (jus de fruit, compote...).

2.1.2- Les pertes indirectes

Les pertes peuvent être lourdes par les effets indirects de la grêle sur la plante. Elles tiennent d'abord à la défoliation. La réduction du feuillage entrave la croissance de



Photographie 8 - Dégâts de la grêle sur céréales.

La grêle du 11 juin 1997 à Pont-Saint-Martin (44) a égrené les épis de blé, sectionné les tiges et les épis. 40 à 50 % des grains sont à terre. La chute de grêle était constituée d'un grand nombre de petits grêlons (diamètre 15 mm maximum).



Photographie 9 - Dégâts de la grêle sur légumes.

Champ de pomme de terre au lendemain de la chute de grêle du 11 juin 1997 à Pont-Saint-Martin (44). Le feuillage est entièrement détruit. Cette destruction du feuillage a stoppé la croissance et favorise les maladies. Les pommes de terre ont été récoltées peu après, quelques semaines avant la date habituelle.



Photographie 10 - Dégâts de la grêle sur verger

Pommes grêlées lors de l'averse du 11 juin 1997 à Pont-Saint-Martin (44). La photographie a été prise le 11 septembre 1997. Les impacts de grêle se sont traduits par la formation de liège rendant le fruit inconsommable en frais. Il peut être dirigé vers l'industrie.



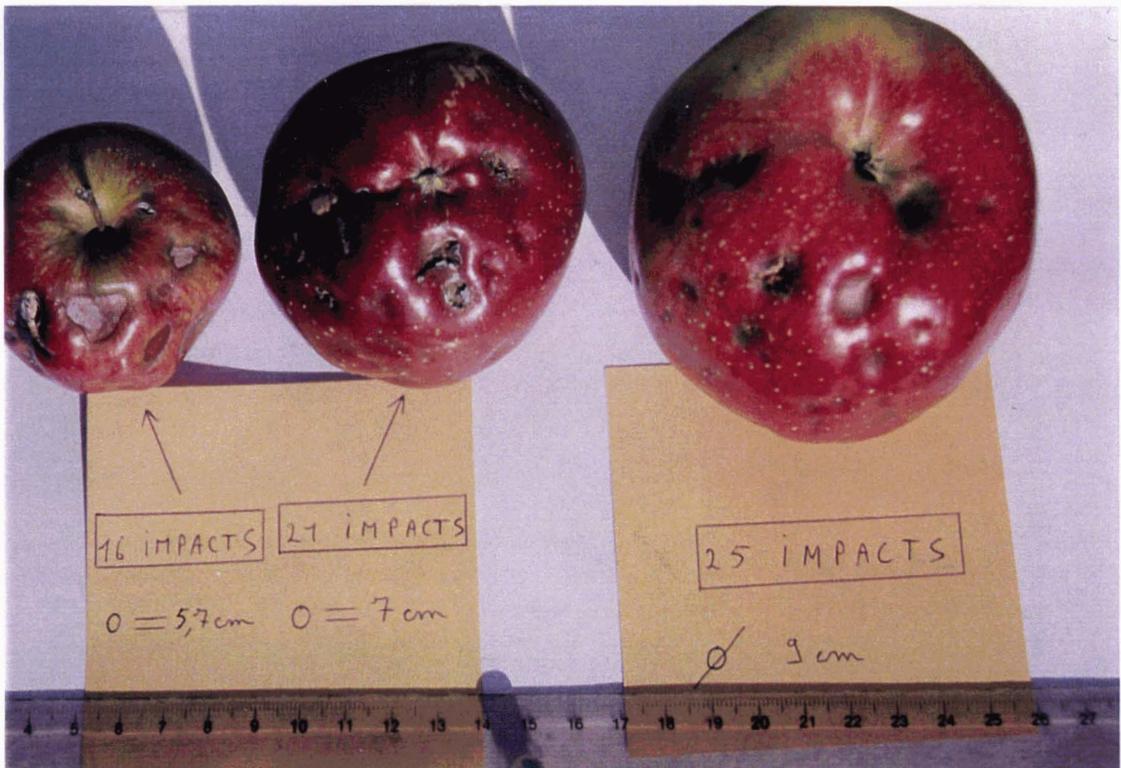
Photographie 11 - Les effets de la grêle à moyen terme sur les vergers

Sur ce pommier photographié à Pont-Saint-Martin (44), le 25 septembre 1997, les fleurs côtoient les pommes mûres. La défoliation partielle due à la chute de grêle du 11 juin 1997 a engendré une réaction hormonale semblable à celle qui, au printemps, conditionne la floraison. Le métabolisme de l'arbre est perturbé ce qui peut se répercuter sur la récolte de l'année suivante.



Photographie 12 - Impacts de grêlons sur fruit (1)

Pomme grêlée lors de l'averse du 11 juin 1997 à Pont-Saint-Martin (44). La photographie a été prise le 25 septembre 1997. On dénombre une quinzaine d'impacts de grêlons sur la face du fruit exposée au sud-ouest (droite de la photographie). Les fruits grêlés pourrissent facilement lorsque le taux de sucre augmente au stade de maturité. La chute des petits grêlons a relativement épargné le feuillage (quelques feuilles talées) mais a rendu la pomme invendable.



Photographie 13 - Impacts de grêlons sur fruit (2)

Sur ces pommes, issues du verger photographié en photo 12, on a dénombré jusqu'à 25 impacts sur un seul fruit. Seule la face exposée à la grêle est touchée. La pomme de gauche a eu sa croissance limitée par les impacts (formation de "liège") contrairement aux deux autres qui ont mieux cicatrisé.



Photographie 14 - Dégâts de la grêle sur vigne : le rôle des pratiques culturales
Deux parcelles contiguës ont été inégalement touchées par la chute de grêle du 11 juin 1997. La photographie a été prise le lendemain, le nord-est est face au photographe. Au premier plan, la défoliation n'est pas totale. Certaines grappes ont été préservées. La parcelle du second plan a été complètement détruite. On peut avancer deux explications. - **L'orientation des rangs.** Au second plan, les rangs sont perpendiculaires au vent. La vigne offre son flanc aux grêlons ce qui amplifie les dégâts alors qu'au premier plan la grêle tombe longitudinalement par rapport au rang ce qui minore les dégâts. **Le cépage :** le cépage hybride de la parcelle du second plan est moins résistant que le cépage "Melon" du premier plan.



Photographie 15 - Dégâts de la grêle sur vigne : les effets à long terme
Sarmant vert endommagé par la grêle. On devine un vent venant de la droite (SW). A l'intersection des rameaux, la destruction des futurs bourgeons "entre-coeurs" compromet la récolte de l'année suivante.

la plante et peut empêcher la croissance des fruits ou des grains. Pourtant, sur la vigne, la défoliation n'entraîne pas forcément une perte de quantité : s'il y a autant de raisin que de feuilles détruits, le rapport feuillage/fruit est conservé. La maturation des grappes restantes se fait dans de bonnes conditions. Le talage du feuillage provoque les plus grosses pertes sur le maïs.

Les meurtrissures engendrées par la grêle peuvent favoriser l'incursion de maladies cryptogamiques et diminuer la récolte : le rot blanc sur vigne (Tondut J. et *alii*, 1983 p.12), le mildiou peuvent se répandre plus facilement dans une vigne meurtrie par la grêle et compromettre la récolte. La pulvérisation de produits cicatrisants et de fongicides doit s'effectuer le plus rapidement possible sur les vergers ou les vignes grêlés.

Enfin, à plus long terme, les fortes chutes de grêle peuvent hypothéquer les récoltes des années futures en détruisant les futurs sarments et les bourgeons. En effets sur les vergers et la vigne les bourgeons fructifères se forment un an avant d'éclore. Une grêle en 1997 peut donc détruire les bourgeons fructifères de 1998. La destruction du bois peut même affecter la récolte sur plusieurs années.

Tableau 28 - Les effets de la grêle sur différentes cultures

cultures	perte de qualité	perte de quantité	dommages sur capital
fruits (pomme)	talage des fruits ---> déclassement des fruits	par chute des fleurs ou des jeunes fruits (début de saison)	altération du bois favorisant le chancre
Vigne	talage ou éclatement des raisins favorisant la pourriture.	égrenage, retard de végétation par effeuillage	éborgnage des bourgeons et des sarments de l'année suivante
Céréales		égrenage, échaudage, retard de végétation	
Colza		égrenage, éclatement des siliques	
Maïs		échaudage, retard de végétation	
Tournesol		égrenage, retard de végétation	
Légumes et fleurs	talage sur légumes-fruits et légumes-feuilles	hâchage, talage, incisure	

2.2- L'évaluation et la quantification des dégâts

La première étape vers la quantification des dégâts de la grêle se fait par l'expertise qui établit le taux de perte. Ce taux de perte est une estimation quantitative de la part de récolte détruite ou de la dépréciation de cette récolte dans le cas des cultures fruitières. Il se traduira par la suite en indemnisation en fonction des clauses du contrat d'assurance.

2.2.1- La pré-expertise

Après qu'un orage de grêle a touché une région agricole, les demandes affluent sur les bureaux des experts. Ceux-ci exercent dans des cabinets indépendants pour le compte des assurances ou sont directement salariés par les compagnies ou mutuelles d'assurance. Ils doivent organiser leurs expertises afin de perdre le moins de temps possible. La pré-expertise consiste en un repérage rapide des parcelles touchées, si possible quelques jours après le sinistre. Elle permet une première évaluation des dégâts et aide l'expert à organiser sa tournée d'expertise finale qui a lieu à la récolte en fin de saison.

2.2.2- L'expertise

L'expertise comporte une grande partie de savoir-faire empirique et c'est surtout la pratique qui fait la compétence des experts. Leur rôle est crucial. Si la perte est surévaluée, l'assureur perdra de l'argent ; si les dégâts sont manifestement sous-estimés, l'agriculteur mécontent risque de changer de compagnie d'assurance. L'expert évalue les pertes de quantité par des comptages de grains de raisins ou de blé dans les grappes ou les épis. Pour les pertes de qualité (vergers), la procédure est plus délicate. Des échantillons de fruits sont prélevés dans les parcelles grêlées. Les experts procèdent ensuite au tri par catégories en fonction des normes de qualité internationales³⁵ :

- catégorie 1 : fruits indemnes de la grêle
- catégorie 2 : fruits possédant de 1 à 2 impacts, peu liégeux dus à la grêle.
- catégorie 3 : fruits non commercialisables du fait des impacts de grêle (vente à l'industrie : compote...)
- catégorie 4 : fruits définitivement perdus.

³⁵ Pour plus de détail, voir Nicolas Chatelain, 1989 p. 36 et suivantes.

2.2.3- La grêle, rien que la grêle

L'expertise tient compte des facteurs de vulnérabilité conjoncturels et minore d'autant le taux de perte. Si par exemple une culture souffrait de la sécheresse au moment de la grêle ou si des maladies l'affectaient déjà, cette culture était rendue plus vulnérable à la grêle. Tout le travail des experts consiste à distinguer *a posteriori* les effets réels de la grêle de ceux d'autres facteurs qui auraient pu endommager la plante dans l'année (sécheresse, maladies...). Même après l'orage de grêle lui-même, seuls les effets de la grêle sont retenus. Ceux du vent et de la pluie ne sont pas comptabilisés (ils peuvent l'être au titre d'une assurance-tempête si l'agriculteur l'a souscrite). Des agriculteurs sont parfois déçus par les expertises "grêle" notamment sur les cultures hautes comme le tournesol ou le maïs. Sur ces cultures, les dégâts du vent sont souvent plus graves que ceux engendrés directement par la grêle.

2.2.4- Le taux de perte

Les dégâts de la grêle sont exprimés par un taux de perte qui va théoriquement de 0 à 100 %. Un taux de perte de 50 % signifie que la grêle a fait perdre à l'agriculteur la moitié de la récolte escomptée. Le taux de perte est une expression physiologique des dégâts. La traduction financière du taux de perte se fera en fonction des modalités du contrat d'assurance (voir chapitre suivant). Des pertes supérieures à 100 % ne sont pas impossibles puisqu'on a vu qu'une chute de grêle peut détruire les bourgeons fructifères de l'année suivante. Ni ces pertes supposées sur la récolte de l'année suivante ni les pertes sur capital ne sont retenues par les experts.

Finalement l'évaluation des dégâts qui débouchera sur leur quantification financière puis le versement d'une indemnisation est extrêmement délicate car les effets de la grêle sont très différents d'une culture à l'autre, voire d'une variété de culture à une autre. A cela s'ajoutent les circonstances de la chute de grêle qui peuvent augmenter ou diminuer la vulnérabilité des végétaux à la grêle.

3- Vulnérabilité conjoncturelle et structurelle des cultures

Pour une chute de grêle d'une énergie donnée, les dégâts sont proportionnels à la vulnérabilité physiologique du bien exposé. Cette vulnérabilité prend deux formes :

*la vulnérabilité conjoncturelle dépend des circonstances de la chute de grêle et de l'état de la culture au moment de l'averse de grêle. Elle n'est pas prévisible et est souvent déterminée *a posteriori* lors de la constatation des dégâts.

*La vulnérabilité structurelle est liée, elle, directement à la nature du bien. Telle culture est réputée plus sensible qu'une autre. Cette vulnérabilité est connue et est reportée sur une échelle de sensibilité.

3.1- La vulnérabilité conjoncturelle des cultures

Pour une chute de grêle d'une énergie donnée, les dégâts peuvent varier conjoncturellement en fonction de la date de la chute de grêle, de l'état de la culture au moment de la grêle, du contexte climatique de l'année... C'est ce que nous avons appelé la vulnérabilité conjoncturelle des cultures. Cette vulnérabilité conjoncturelle ne peut pas être prise en compte par l'assurance en début de saison lorsqu'est signé le contrat d'assurance et pour cause ! C'est l'expert qui devra tenir compte de ces paramètres, variables d'une année à l'autre, lors de la constatation des dégâts.

3.1.1- La date du sinistre.

En général, la vulnérabilité des végétaux augmente au fur et à mesure que l'on va vers la récolte. Une chute de grêle en début de saison peut s'avérer bénigne car la végétation peut récupérer et feuillage et fleur repousser.

A l'occasion d'un orage qui a touché le vignoble du Pays Nantais le 11 juin 1997, nous avons suivi le comportement de quelques parcelles (photographie 16 à 19). Une des parcelles de vigne a été complètement défoliée par la chute des grêlons (photographie 16 et 17). La chute était composée de nombreux grêlons de diamètre modéré (maximum 15 à 18 mm). La végétation est ensuite repartie comme au printemps avec les contrebourgeons et les entre-coeurs. Le 11 juillet, un mois après la grêle, de nouvelles pousses apparaissent (photographie 18). La vigne est au stade F ou G³⁶ (ce qui correspond à la fin avril normalement). La plante a réagi à la défoliation comme elle aurait réagi après la chute des feuilles hivernale. Au début septembre, la vigne est de nouveau en végétation (photographie 19) et porte de nombreuses grappes vertes au stade de fermeture. Les quelques raisins rescapés de la grêle sont mûrs. Malgré une belle arrière-saison, le raisin

³⁶ Nous donnons en annexe 5 un tableau des stades végétatifs sur vigne. Il existe plusieurs échelles. Le stade J (échelle Baggolini ou Fleckinger) ou stade 27 (échelle Eichhorn et Lorenz), c'est-à-dire la nouaison, est considéré par les experts d'assurance comme le début de la période d'indemnisation possible.



Photographie 16 - Récupération de la végétation après une chute de grêle (1)

Parcelle de vigne au lendemain de la chute de grêle du 11 juin 1997 à Saint-Aignan-de-Grandlieu (44). Le feuillage a été complètement déchiqueté par des grêlons assez petits mais très nombreux. Les feuilles gisent entre les rangs.



Photographie 17 - Récupération de la végétation après une chute de grêle (2)

Un gros plan sur les ceps de cette même parcelle montre qu'outre les feuilles, les grappes et les sarments ont été meurtris par la grêle. La perte de récolte est de 100% voire plus puisque les bourgeons de l'année suivante ont été atteints.



Photographie 18 - Récupération de la végétation après une chute de grêle (3)
Même parcelle que la planche N°5, un mois après la chute de grêle soit le 11 juillet 1997. La vigne commence à repousser.



Photographie 19 - Récupération de la végétation après une chute de grêle (4)
Trois mois après la grêle, le 11 septembre 1997, le feuillage a entièrement repoussé. Des grappes se sont formées mais n'arriveront pas à maturité. Cette repousse tardive dans l'été peut compromettre celle du printemps suivant.

n'est pas arrivé à maturité en 1997 mais les bois ont aoûté. En décembre 1997 apparurent des bourgeons d'où partirent les branches de 1998. Vérification faite en 1998, la vigne semble avoir fructifié normalement.

Il est difficile d'établir des règles sur les rapports entre date du sinistre et taux de perte. Chaque chute de grêle est unique et les éléments intervenant dans la vulnérabilité conjoncturelle de la culture sont très nombreux. Les viticulteurs se posent d'ailleurs des questions sur l'attitude à avoir face à une vigne grêlée : faut-il la tailler sévèrement ou légèrement ou la laisser telle quelle (Langellier F., 1994) ?

Notre exemple concerne la vigne mais la date de la chute de grêle entre en compte dans la vulnérabilité de toutes les cultures. Pour le tournesol, "la défoliation précoce influera sur le nombre de grains alors que si elle survient après la floraison, c'est le poids des grains qui s'en trouvera pénalisé" (Chatelain N., 1989).

3.1.2- L'état de la plante et le contexte climatique de l'année

Meilleure est la santé de la plante au moment de la chute de grêle, meilleure sera sa résistance aux assauts des grêlons. Les maladies cryptogamiques atténuent ces capacités de résistance. L'état de la plante est surtout lié aux conditions climatiques précédant la chute de grêle et aux soins prodigués (ou non) par l'agriculteur.

Le contexte climatique et météorologique peut avoir de l'influence sur les effets aggravants ou atténuants sur les dégâts consécutifs à une chute de grêle. Les semaines précédant celle-ci déterminent en partie la résistance de la plante à la grêle. Une sécheresse, un gel tardif fragilisent la plante, retardent son développement et la rendent plus vulnérable. Après la chute de grêle, le contexte météorologique va commander la capacité de récupération de la plante. Le rôle (favorable ou défavorable) de ce contexte météorologique dépend de la date de la chute de grêle et du type de plante. Pour la vigne, un temps chaud et sec permet un nouveau départ de la végétation ou sa récupération physiologique (photographies 18 et 19). Une trop forte humidité favorise le développement de maladies sur la vigne mais elle est nécessaire pour la récupération du maïs. En fait, nonobstant le problème des maladies, la récupération physiologique de la plante après une chute de grêle dépend de l'existence ou non de conditions agroclimatiques optimales. Une fin de saison favorable peut atténuer les conséquences d'une chute de grêle (surtout si celle-ci a été peu intense). En revanche, des conditions agroclimatiques défavorables peuvent aggraver l'état de la plante et empêcher sa récupération.

3.1.3- Les pratiques culturales

La question des pratiques culturales et de leurs conséquences sur la grêle est sujet à controverses. La façon dont les plantes pérennes (vigne et arbres fruitiers) sont taillées peut déterminer une plus ou moins grande résistance à la grêle. Une taille recouvrante favorisera la protection des fruits par le feuillage. Dans le cas d'une taille sévère et "ouverte", de plus en plus pratiquée car elle facilite la maturation, les fruits ne sont plus protégés et reçoivent directement les grêlons. Les dégâts sont amplifiés. L'orientation des rangs par rapport aux vents dominants en cas d'orage peut jouer un rôle (photographie 14).

Le forçage hydrique, en rendant les tissus de la plante moins résistants, fragilise la plante tout comme, en général, les pratiques tendant à augmenter les rendements. Les espèces fortement productives (comme les hybrides de la photographie 14) sont plus fragiles que les espèces mères. La tendance actuelle à l'augmentation des rendements, notamment dans le verger français, fragilise les récoltes et augmente les risques de perte économique.

3.1.4- La violence de la chute de grêle et les dégâts

La vulnérabilité conjoncturelle explique la difficulté d'établir une relation systématique entre les paramètres physiques d'une chute de grêle et les dégâts sur une même culture. Nous avons déjà rapporté les travaux qui montrent que c'est l'énergie cinétique qui est le plus étroitement en rapport avec les dégâts (Ginouvès J. et Jean Ch., 1980 ; Jean Ch. et *alii*, 1978 ; Tondut J.-L. et *alii*, 1983). Mais le coefficient de corrélation entre l'énergie cinétique et le taux de perte sur vigne n'est "que" de 0,6. Les auteurs montrent aussi que pour une même averse de grêle, les dégâts varient sensiblement d'un cépage à l'autre en fonction des différents états d'avancement de la végétation, du rôle recouvrant du feuillage...

L'énergie de la grêle est accentuée par le vent. Une étude de l'ANELFA déjà citée³⁷ a montré que pour un grêlon de 15 mm, l'énergie cinétique dégagée par la chute de ce grêlon peut passer du simple au double (0,227 joule à 0,45 joule) si elle se déroule par vent nul ou par vent de 60 km.h⁻¹.

Pour la vigne, les effets de la grêle sont bien connus et ont fait l'objet de nombreuses publications (Ginouvès J. et Jean Ch., 1980 ; Jean Ch. et al, 1978 ; Tondut

³⁷ brochure annuelle de l'ANELFA, n°40, 1992, pp. 55-57

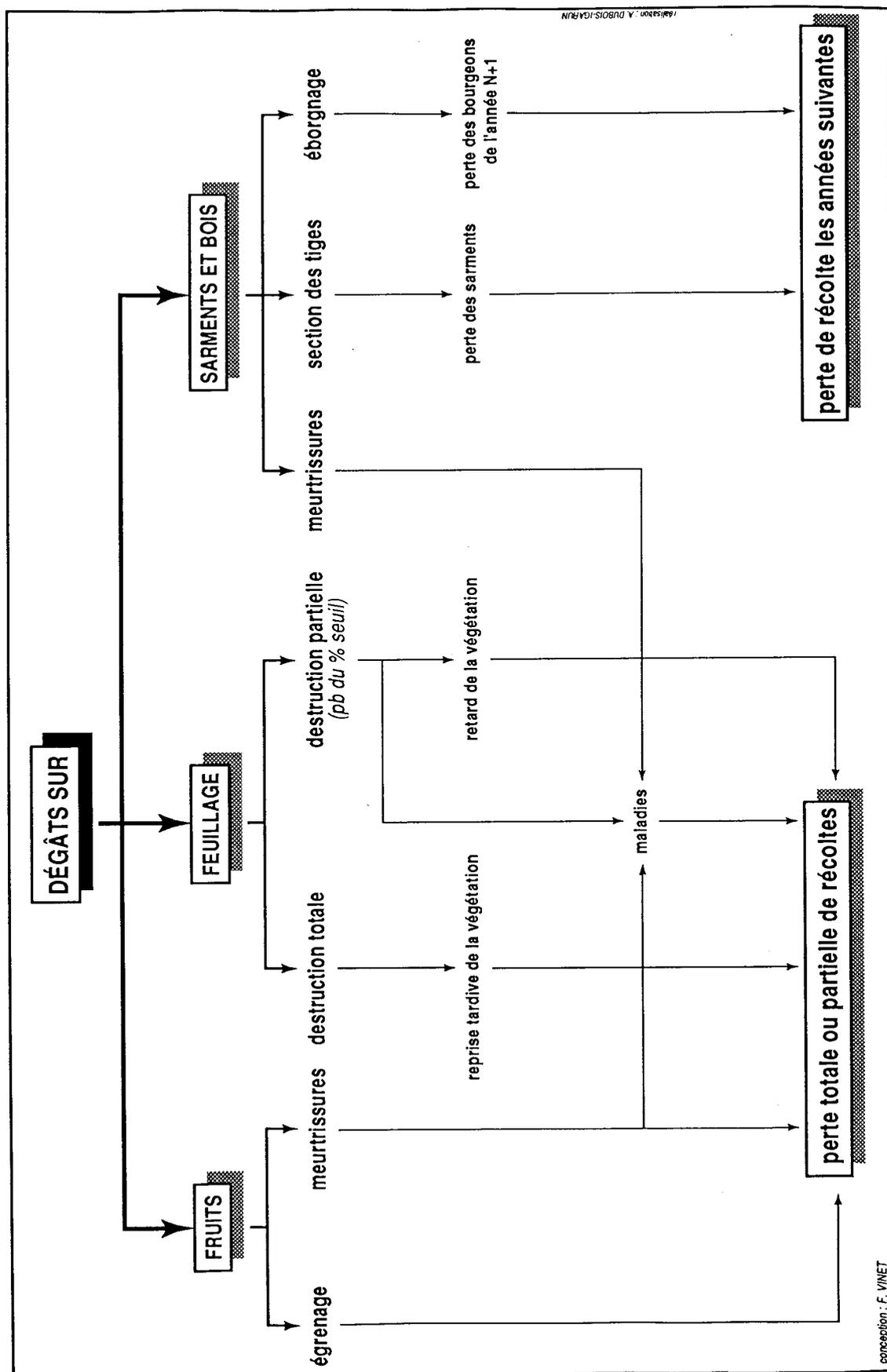


Fig. 28 - Les dégâts de la grêle sur la vigne

et alii, 1983, Langellier F., 1994). Nous présentons, à titre de synthèse, un tableau des dégâts de la grêle sur cette culture (figure 28).

3.2- La vulnérabilité structurelle des cultures

On a vu précédemment les types de dégâts que la grêle peut causer aux récoltes. La vulnérabilité conjoncturelle due aux aléas climatiques, à la date du sinistre, aux effets indirects de la grêle comme les maladies... fait de chaque chute de grêle un sinistre différent. Deux chutes de grêle de même intensité sur une même parcelle lors de deux années consécutives ne donneront pas au final le même taux de perte. Cette vulnérabilité conjoncturelle qui est variable d'année en année, de parcelle en parcelle, est laissée à l'appréciation des experts lors de l'évaluation du taux de perte. En revanche, il existe une vulnérabilité structurelle, intrinsèque, propre à chaque culture. Cette vulnérabilité structurelle est bien connue, quantifiée et prise en compte dans les contrats d'assurance-grêle (figure 29).

La vulnérabilité structurelle d'une culture dépend de plusieurs éléments comme sa constitution physiologique ou son usage après récolte.

3.2.1- La sensibilité physiologique de la plante

La sensibilité des cultures est liée à leur fragilité physiologique. Le blé est peu vulnérable car la plante est souple et amortit les chocs des grêlons. Le blé plie mais ne rompt pas. De plus, le grain est dur et n'est perdu que s'il est délogé de l'épi. Le maïs aussi est peu sensible. Le grain est bien protégé ; les pertes sont surtout dues à la baisse de rendement induite par la défoliation. Pour le raisin, la sensibilité est plus forte car le raisin est plus tendre que les grains des céréales et moins bien protégé. La vulnérabilité est maximale pour les fruits à noyaux et à pépins : un impact de grêle peut perdre le fruit (pourriture) ou le rendre invendable. En revanche, les fruits protégés par une enveloppe (châtaignes, noix...) sont moins vulnérables.

3.2.2- la destination du produit

Les récoltes destinées à être consommées en frais (fruits, légumes) sont beaucoup plus vulnérables que les produits qui seront transformés avant consommation. Ces derniers comme le raisin et les céréales peuvent tolérer quelques meurtrissures qui

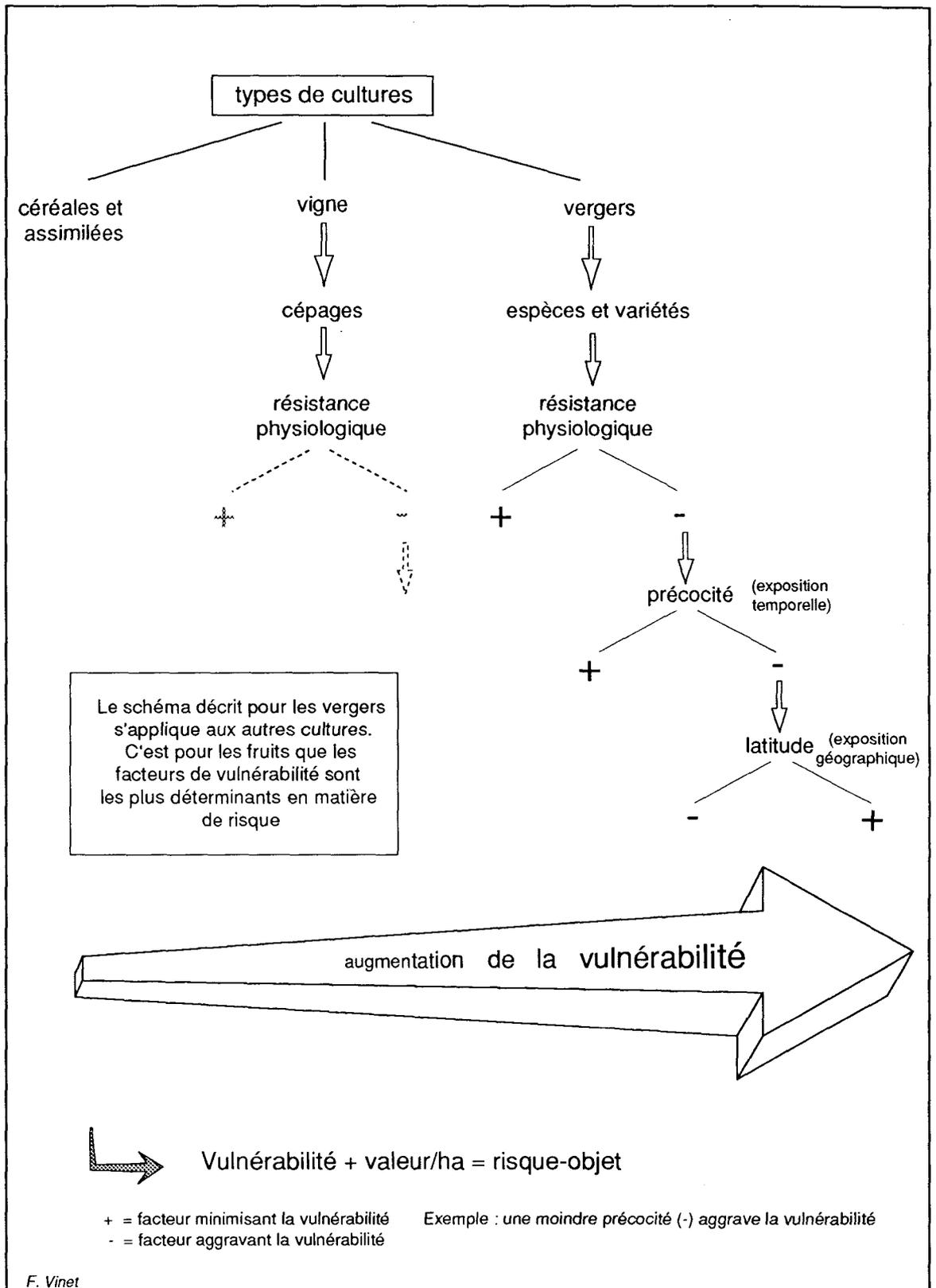


Fig. 29 - La vulnérabilité structurelle des cultures

passeront inaperçues après la transformation. C'est en partie la destination du produit qui détermine s'il sera assuré pour perte de quantité ou de qualité.

Les assureurs classent les cultures en fonction de leur vulnérabilité à la grêle. Ce classement permet d'établir les tarifs des cotisations d'assurance que leur versent les agriculteurs. Il résulte de l'expérience acquise en matière d'assurance. L'accumulation des données chiffrées et des renseignements collectés lors des expertises a permis la lente élaboration de cette échelle de vulnérabilité.

4- L'exposition au risque-agent

Outre la vulnérabilité, il faut tenir compte de l'exposition du risque-objet au risque-agent : exposition temporelle et spatiale. L'exposition temporelle est déterminée par le temps nécessaire à la maturation de la récolte. La période prise en compte par les assureurs va de la formation du fruit à sa récolte mais les dégâts peuvent intervenir avant la floraison. L'exposition spatiale est déterminée par le lieu de culture.

4.1- La durée d'exposition aux chutes de grêle

4.1.1- Le calendrier des récoltes

Plus une culture reste longtemps sur pied, plus elle risque d'être touchée par la grêle. Les cerises, récoltées en général en juin, sont beaucoup moins exposées à la grêle que les pommes ramassées, elles, en septembre ou octobre. Ce temps d'exposition dépend du type de culture, et pour une même culture, de la variété et de la région de culture (tableau 29). Les orages grêligènes apparaissent en général au début du mois de mai. Les cerisiers, principalement cultivés dans le sud-est de la France, ne restent exposés à ces orages qu'un mois. Les pêches et nectarines sont cultivées à 80 % dans le Sud-Est et le Roussillon et se récoltent en juillet ou début août suivant les variétés. Pommes et poires sont les espèces les mieux réparties géographiquement entre le Val-de-Loire, le Sud-Ouest et le Sud-Est. Elles sont récoltées en moyenne dans la seconde moitié du mois de septembre et restent donc exposées cinq mois aux éventuelles chutes de grêle.

La vigne reste presque aussi longtemps exposée (mai à septembre) que les pommes mais comme on l'a vu précédemment, le raisin est destiné à être transformé donc tolère de petites meurtrissures.

Les céréales se récoltent en juillet. Le maïs quant à lui peut rester sur pied jusqu'en novembre mais il n'est physiologiquement sensible qu'en début de végétation lorsque la grêle peut provoquer une défoliation importante. A partir de la fin août, la grêle n'a pratiquement plus d'effet sur le maïs sauf chute extrêmement violente. Le colza est un cas particulier, la période critique étant concentrée sur quelques jours. Comme les céréales ou autres plantes annuelles, le colza vert ou en fleur est sensible aux fortes grêles mais il devient très vulnérable quelques jours avant la récolte. Les gousses (siliques) dessiquées sont alors au bord de l'éclatement et la moindre chute de grêle les fait éclater. Pour toutes les cultures, sauf peut-être le maïs (Chatelain N., 1989), la sensibilité va croissant au fur et à mesure que l'on s'approche de la récolte.

4.1.2- Le début de la période à risque

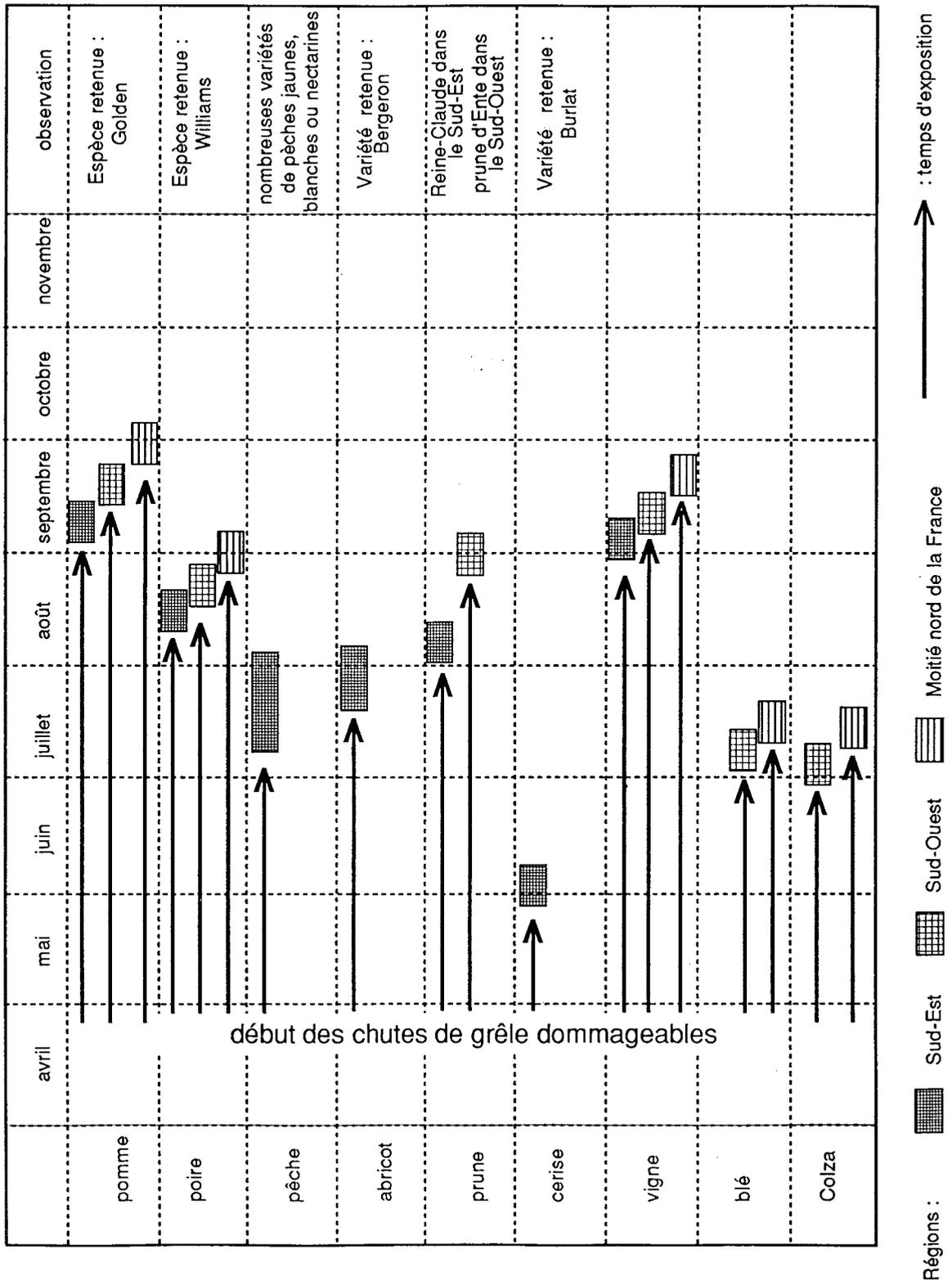
Si la fin de la durée d'exposition est facile à déterminer (récolte), le début l'est assurément moins (tableau 29). Le végétal est théoriquement sensible dès sa sortie de terre ou dès l'apparition du premier bourgeon pour les cultures pérennes. Cependant, une chute de grêle aux premiers stades de la végétation ne veut pas dire que les récoltes seront amputées. Il faut tenir compte des facultés de récupération et de repousse de la plante. Les chutes de grêle du mois d'avril sont rarement dommageables pour la vigne car la végétation peut reprendre. Elle aura le temps d'arriver à maturité avant l'automne. Pour les vergers, le stade de végétation à partir duquel les dégâts peuvent être irrémédiables et la récolte définitivement amputée est le stade J de Baggiolini (annexe 5). Ce stade végétatif est celui de la formation des fruits ou nouaison. Les chutes de grêle antérieures à ce stade sont rarement prises en compte par les experts. En effet, en général, seule une fleur sur dix donne finalement un fruit. Il n'est donc pas possible de savoir quelle sera la récolte (donc de calculer un taux de perte) avant que les fruits ne soient formés. La nouaison intervient à des dates différentes selon les espèces (mi-mai pour la pomme) et les régions. L'assurance ne prend en charge les risques de grêle sur fruits qu'à partir de ce stade. En général, le risque apparaît au mois de mai quand la formation des fruits coïncide avec l'arrivée des flux de sud-ouest orageux.

4.1.3- Lieu de culture et durée d'exposition

Pour une même culture, le temps d'exposition tient au lieu de culture. Les récoltes sont plus précoces dans le Sud-Est. Elles interviennent huit à dix jours après dans le Sud-Ouest, suivies par celles du Val de Loire encore dix jours plus tard. Dans les Bouches-

F. Vinet, d'après la documentationn fournie par le CTIFL

Tableau 29 - Durée d'exposition aux chutes de grêle pour les principales cultures en France



du-Rhône, les pommes arrivent donc à maturité vingt jours avant celles du Maine-et-Loire. Toutes choses égales par ailleurs, les arboriculteurs du Sud-Est courent moins de risque d'être grêlés que ceux du Val-de-Loire. Si l'on se réfère au tableau, les pommiers de la Sarthe sont les cultures les plus exposées à la grêle (nonobstant la fréquence des chutes de grêle).

4.2- La répartition géographique des cultures à risque en France

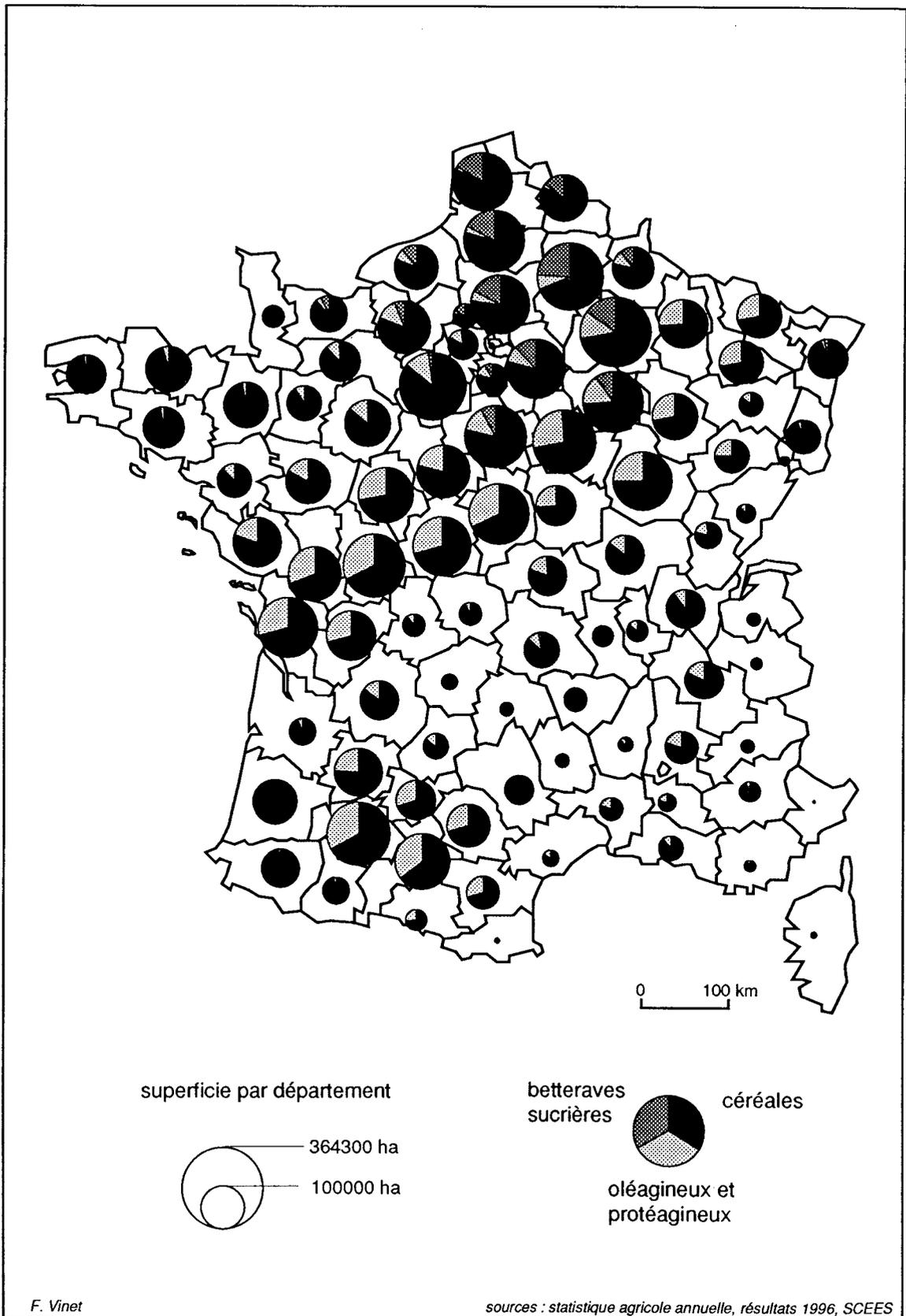
La France est le premier producteur agricole d'Europe. L'étendue du territoire, la variété des milieux naturels et des traditions culturelles expliquent la diversité des cultures rencontrées sur le sol français. Toutes les cultures énumérées précédemment (tableau 28) sont susceptibles d'être touchées par la grêle. La géographie du risque-objet dépendra de la répartition des cultures en France. Cette répartition détermine l'exposition au risque-agent. Compte tenu de ce que nous avons dit dans la première partie, un hectare de pommiers ne sera pas exposé au même risque selon qu'il est situé dans le Sud-Ouest ou en Bretagne. Les cultures peuvent être regroupées en trois grandes classes : céréales et assimilées, vigne et vergers.

4.2.1- Les céréales et les cultures assimilées (carte 52)

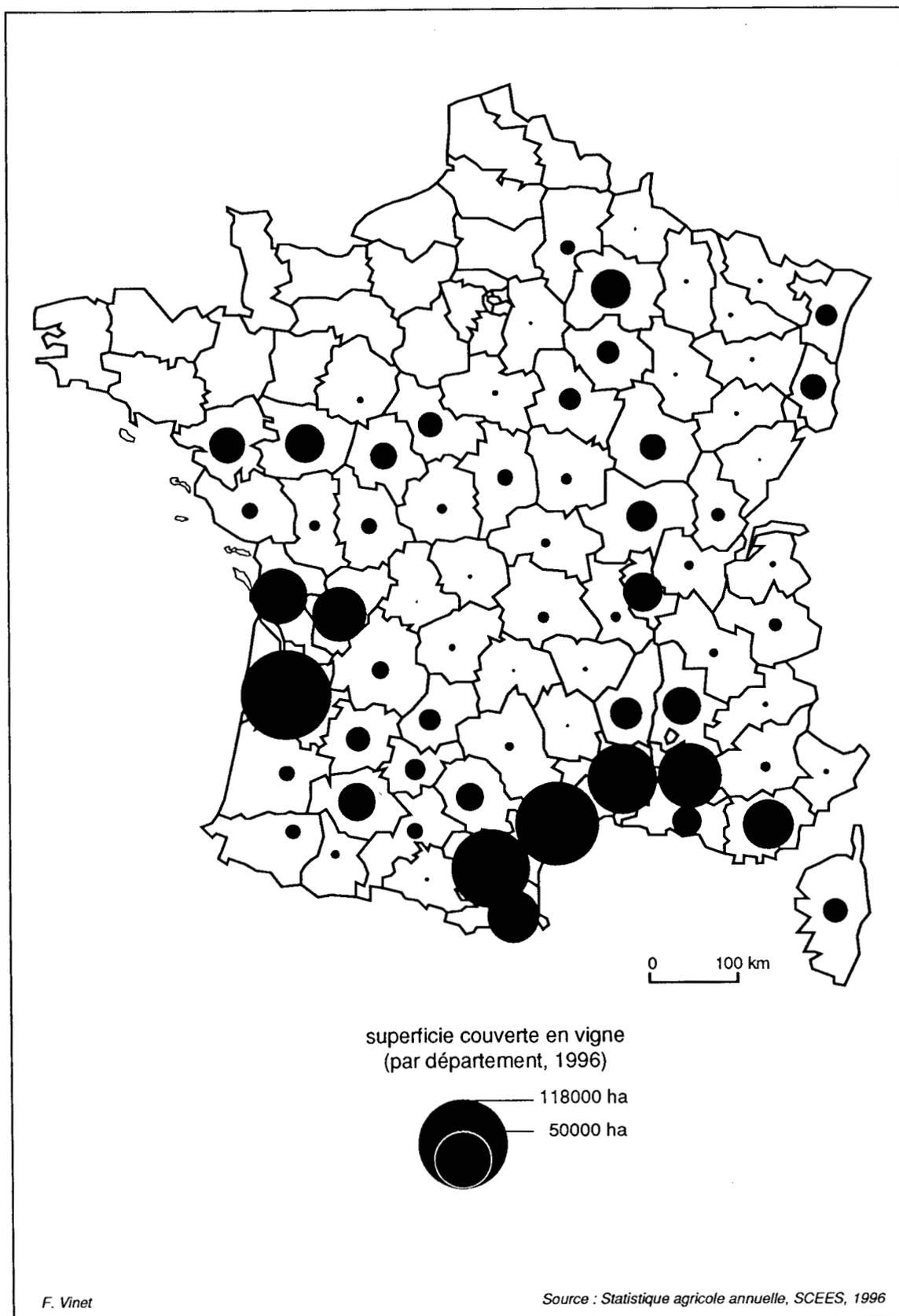
Les céréales et cultures assimilées (protéagineux, oléagineux comme le tournesol et colza, et betteraves sucrières) sont peu sensibles à la grêle. Elles occupent les plus vastes surfaces labourées en France (11,17 millions d'hectares) et sont surtout présentes dans le Bassin Parisien, le Poitou et les Charentes et l'Aquitaine. Excepté dans cette dernière région, ces cultures peu sensibles physiologiquement sont peu exposées au risque-agent. Le risque est minoré.

4.2.2- Les vignobles

La vigne est intéressante car sa sensibilité physiologique est relativement homogène sur tout le territoire. La vigne (carte 53) est par ailleurs présente dans de nombreux départements (de l'Aisne à la Corse). Elle couvre 917000 hectares en France. La stabilité tant de son implantation géographique que des caractéristiques des vignobles fait de la vigne un bon témoin pour l'étude du risque-grêle. Cette stabilité est appréciable pour étudier l'évolution historique du risque-grêle.



Carte 52 - Répartition des surfaces cultivées en céréales et assimilées en 1996 (protéagineux, oléagineux et betteraves à sucre)



Carte 53 - La répartition des surfaces viticoles en France

Les plus vastes surfaces de vignoble sont concentrées sur le pourtour du rivage méditerranéen (Languedoc, Bas-Rhône...). Les départements bordiers de la Méditerranée, plus le Vaucluse, rassemblent 417 000 hectares soit 45 % des surfaces viticoles en France. Le deuxième pôle (Charentes + Gironde) totalise 22,4 % du vignoble français, la Gironde étant le premier département pour les surfaces (118000 hectares devant l'Hérault). Dans les régions exposées *a priori* à l'aléa grêle, le Sud-Ouest intérieur et le Lyonnais ne rassemblent respectivement que 7 et 5 % des surfaces cultivées en vigne en France. Les autres vignobles sont plus septentrionaux (Val de Loire, Alsace, Champagne)

Cette classe est physiologiquement la plus homogène mais, financièrement, elle recouvre des réalités très éloignées. Si une parcelle de vigne de Saint-Émilion grand cru a la même résistance physiologique qu'une parcelle de l'Hérault, les conséquences financières d'une chute de grêle sur ces deux parcelles seront sans commune mesure. Le raisin de table essentiellement cultivé autour de Moissac, consommé sans transformation, est considéré par les assureurs comme un fruit au même titre que les pommes ou les pêches.

4.2.3- Les cultures fruitières

Les cultures fruitières couvraient 172 000 hectares en France en 1997. Ce sont les plus difficiles et les plus chères à assurer : il faut garantir la perte de qualité puisque les fruits sont en général consommés tels quels alors que les autres récoltes sont transformées. Autre difficulté, ces cultures fruitières concentrent de fortes valeurs marchandes à l'hectare et le coût de l'assurance grimpe d'autant.

4.2.3.1- Pommes et poires

La pomme (carte 54a) est le fruit le plus cultivé en France. Le verger pommier s'étend sur 59 000 hectares. C'est aussi l'espèce la plus dispersée sur le territoire : les sept départements les plus cultivés en pommes ne regroupent que 50 % des surfaces. Trois bassins dominant : le Val-de-Loire (le Maine et-Loire est le premier département avec 6400 hectares), le Sud-Est et le Sud-Ouest. Cette ubiquité de l'espèce s'ajoute au temps d'exposition qui est le plus long des espèces fruitières pour faire de la pomme la principale culture à risque en France. Elle fut au coeur de la crise des années 92-95 sur laquelle nous reviendrons. Les pommes à cidre sont à distinguer des pommes de table. Elles ne participent pas au risque-grêle et ne sont pas assurées par les agriculteurs. En

effet, la qualité esthétique du fruit n'est pas nécessaire à la fabrication de cidre. De plus, les vergers à cidre sont implantés dans le nord-ouest de la France peu exposé aux chutes de grêle comme nous l'avons montré précédemment. Par ailleurs, 12 % des surfaces sont des vergers jeunes qui ne sont pas encore en production. La production commence trois ans après la plantation (Jacoutet I., 1993). Pour ces vergers, la grêle ne constitue pas un risque majeur.

La répartition des vergers de poiriers (13 000 hectares) suit celle des pommiers avec cependant un bonus pour le Sud-Est (carte 54b).

4.2.3.2- La prune

Le prunier est une culture traditionnelle en déclin (malgré un petit regain de la mirabelle) dans le nord-est de la France : mirabelles et quetsches n'y couvrent plus que 1300 hectares (carte 54c). Les plus vastes surfaces (12 600 hectares) sont destinées à la fabrication de pruneaux : c'est la prune d'Ente cultivée dans le Lot-et-Garonne. La prune de table (reine-claude) est cultivée dans le Sud-Est.

4.2.3.3- Les fruits méditerranéens

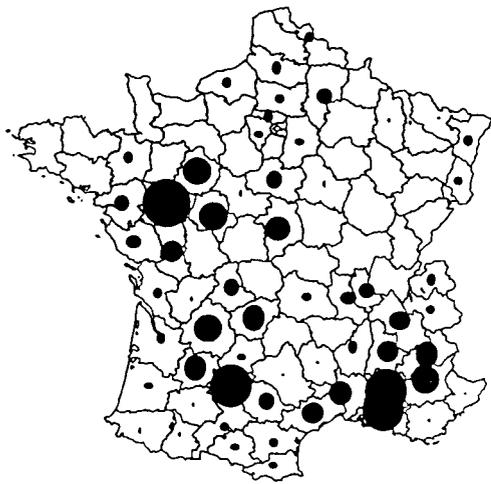
La pêche et l'abricot sont des espèces méditerranéennes cultivées dans le Sud-Est et le Roussillon. Elles couvrent respectivement 26 000 et 16 600 hectares dont 75 % dans les départements de la vallée du Rhône (carte 54d). Ces cultures sont conditionnées par la sensibilité au gel. La récolte se fait en général en juillet ; cependant, la concurrence des autres pays méditerranéens a poussé les arboriculteurs français à planter des espèces tardives³⁸ ce qui augmente le temps d'exposition potentiel à la grêle et donc le risque.

Les 12500 hectares de cerisiers (carte 54f) sont cultivés dans la vallée du Rhône. C'est la culture fruitière la moins exposée à la grêle de par son implantation géographique et son temps d'exposition (récolte en mai-juin).

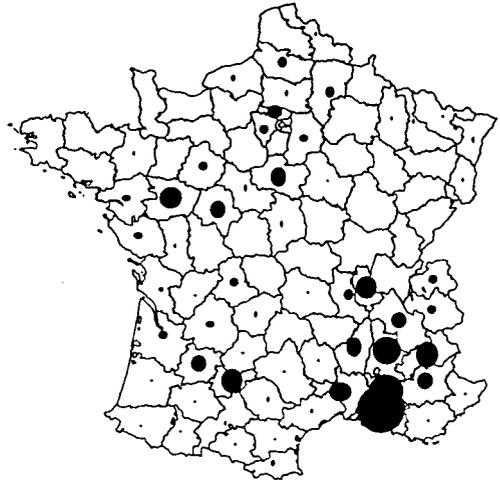
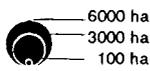
Pommes, poires, prune, pêche, abricot et cerise forment le verger "6 espèces"³⁹. Ce sont les fruits les plus sensibles car charnus et consommés en général en frais.

³⁸ Voir Agreste, étude n°34, décembre 1995.

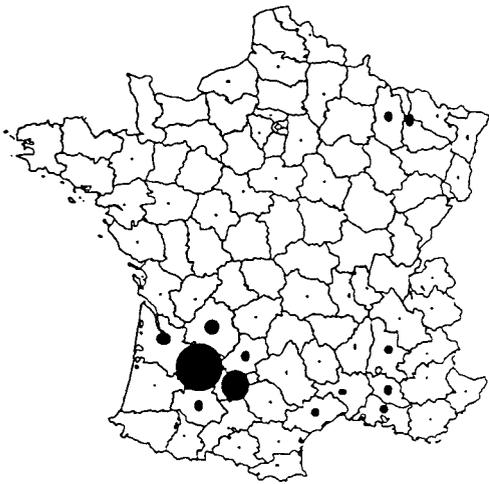
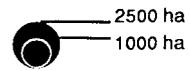
³⁹ Les sources agricoles regroupent parfois les cultures fruitières dans le verger "8 espèces" soit les huit espèces sus-nommées plus le kiwi et les agrumes. Ces deux dernières cultures ne sont pas au coeur du risque grêle. Le kiwi est un fruit d'automne souvent cultivé en tunnel. Quant aux agrumes, ils se concentrent dans la plaine d'Aléria en Corse.



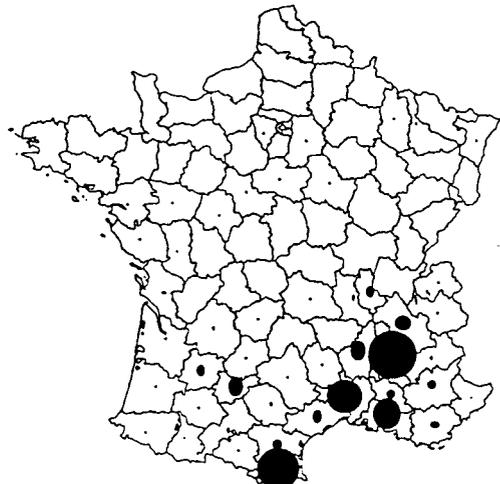
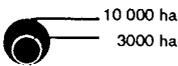
Carte 54a - Superficie cultivée en pommiers



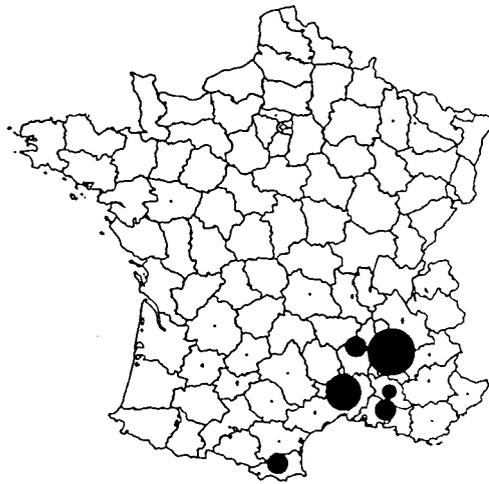
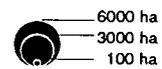
Carte 54b - Superficie cultivée en poiriers



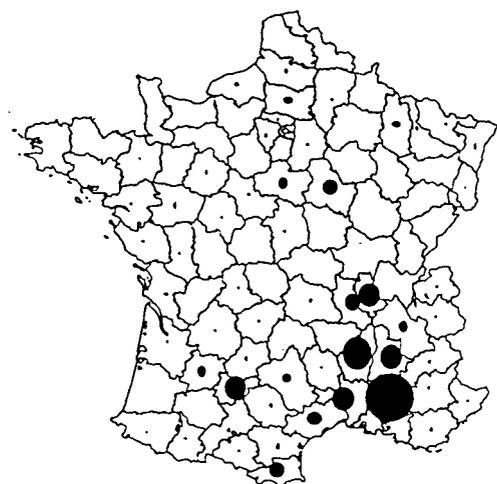
Carte 54c - Superficie cultivée en pruniers



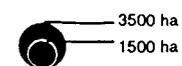
Carte 54d - Superficie cultivée en pêchers



Carte 54e - Superficie cultivée en abricotiers



Carte 54f - Superficie cultivée en cerisiers



Cartes 54 - La répartition des cultures fruitières en France en 1997

Source : Enquête verger 1997.
Agreste, Données chiffrées n° 103, avril 1998

4.2.3.4- Autres fruits

Il faudrait ajouter les "petits fruits" : framboises, mûres, groseilles, cassis... Ces petits fruits occupent des surfaces plus restreintes et sont souvent destinés à l'industrie (confiture). A l'échelle d'une exploitation, la grêle peut faire d'énormes dégâts sur ces "petits fruits" mais ils ne constituent pas, contrairement à la pomme, un risque macro-économique majeur. Enfin, les autres fruits cultivés en France ont une implantation très localisée (figues). Châtaignes, noix, amandes et autres fruits secs souffrent peu de la grêle pour des raisons physiologiques car ils sont protégés par une enveloppe non consommable. Enfin, des fruits destinés exclusivement à être transformés avant consommation, comme l'est le coing, sont des risques-objets marginaux face à la grêle.

4.2.4- La répartition des cultures fruitières amplifie le risque-grêle

Si l'on compare l'implantation des types de culture (cartes 52 à 54) à la géographie du risque-agent telle que nous l'avons établie dans la première partie (carte 51 p. 227), la première hypothèse qui vient à l'esprit est que la géographie des cultures en France amplifie le risque. Les cultures les plus vulnérables (fruits) sont situées dans les régions où le risque-agent est le plus fort. Les fruits ont besoin de chaleur pour mûrir ; or la chaleur estivale favorise les orages. Les cultures fruitières sont implantées dans des régions potentiellement grêlifères. En revanche, les vastes surfaces céréalières, peu vulnérables, couvrent des régions déjà peu atteintes par la grêle. Les vignes sont un peu plus exposées que les céréales. Compte tenu de ce que nous connaissons de l'aléa, le Beaujolais et les vignobles de la vallée de la Garonne sont les plus exposés. Mais ces vignobles ne constituent pas les plus vastes surfaces de vigne, loin s'en faut. Globalement, les vastes surfaces de vignes sont situées dans des régions où la fréquence et l'énergie des chutes de grêle sont moyennes (Charentes et Bordelais, côtes méditerranéennes). Tous se passe comme si plus la culture est fragile plus elle est exposée géographiquement à la grêle.

Les vergers, et parmi eux les pommiers, semblent donc à la fois être les cultures les plus exposées et les plus vulnérables. La pomme est le fruit qui constitue le principal enjeu macro-économique face au risque-grêle. Elle est présente dans de nombreuses régions du sud de la France, couvre les plus vastes surfaces et se récolte le plus tard. La pomme, produit agricole le plus sensible et le plus exposé, fut au centre de la crise qui frappa le système de gestion du risque-grêle entre 1992 et 1995⁴⁰.

⁴⁰ Ce sujet fera l'objet de la troisième partie

A l'échelle du département ou de la région agricole, il faut prendre en compte la notion de bassin fruitier. Dans des départements comme la Drôme, le Vaucluse, le Lot-et-Garonne ou le Tarn-et-Garonne, les diverses cultures fruitières se côtoient et forment un patchwork fruitier particulièrement vulnérable aux chutes de grêle. Les orages de grêle touchant ces zones sont particulièrement redoutés.

Conclusion du chapitre 4 : de la vulnérabilité physiologique à la tarification du risque (figure 30)

Du fait de la multiplicité des facteurs en cause, toutes les cultures ne présentent pas le même risque face à la grêle. Une hiérarchie des cultures en fonction de leur vulnérabilité s'instaure. Cette hiérarchie traduit l'acuité du risque-objet. La vulnérabilité est la base de la définition du risque-objet. Elle se décompose en **vulnérabilité conjoncturelle** et **vulnérabilité structurelle**. La première n'est pas quantifiable. Elle est déterminée après réalisation du risque, après la chute de grêle. Elle dépend du contexte dans lequel intervient la chute : date, contexte météorologique,... Elle concerne l'état du bien plus que sa nature. La vulnérabilité structurelle que l'on pourrait appeler sensibilité est spécifique à chaque bien, chaque culture. Elle peut être déterminée *a priori*. Les cultures, qui constituent l'objet des développements qui vont suivre concernant l'assurance, sont "calées" suivant une échelle de sensibilité très précise qui servira à la tarification du risque. Les assureurs répartissent les cultures par classes en fonction de leur vulnérabilité face à la grêle. Cette liste est extrêmement détaillée et comporte plus de cent sous-classes. Nous donnons la liste (simplifiée) en annexe 6 ; nous aurons à nous y reporter à moult reprises par la suite. C'est le blé qui est considéré comme la culture la moins sensible. Suivent les autres céréales, le maïs, les oléagineux et les protéagineux. Ces cultures forment les classes 1, 2 et 3. La classe 4 correspond à la vigne avec une gradation entre les vins de consommation courante et les VDQS. C'est la classe la plus homogène. Les classes 5, 6 et 7 correspondent à diverses cultures allant des légumes secs aux "petits fruits" (cassis, groseilles, framboise, myrtilles...) en passant par les fleurs et les arbres de pépinière. La classe 8 regroupe les légumes-feuilles (salades, épinards) et la classe 9 est réservée aux fruits et légumes-fruits (concombres, aubergines, tomates...). L'exposition temporelle au risque-agent c'est-à-dire la durée pendant laquelle la récolte est sur pied est prise en compte dans le classement des cultures. Cela explique que la pomme soit dans la classe jugée la plus vulnérable (annexe 6).

La traduction financière du risque-grêle se fait par le marché de l'assurance. Elle croise une tarification par classes (vulnérabilité structurelle + exposition temporelle) à une tarification par zone géographique (figure 30). La mise en place de ces tarifs est le fruit d'une longue pratique de l'assurance. Depuis deux siècles que l'assurance existe, les assureurs ont affiné leur connaissance de la vulnérabilité des cultures. Petit à petit, la répartition géographique des tarifs se précise. Elle atteint dans certains départements une précision communale.

L'hypothèse majeure émise à l'issue de l'examen des cartes des cultures après celle du risque-agent est qu'il y a coïncidence géographique entre le risque-objet le plus vulnérable et les espaces les plus grêlés. Il faudra confirmer cette hypothèse par la mesure des enjeux financiers et des dommages constatés.

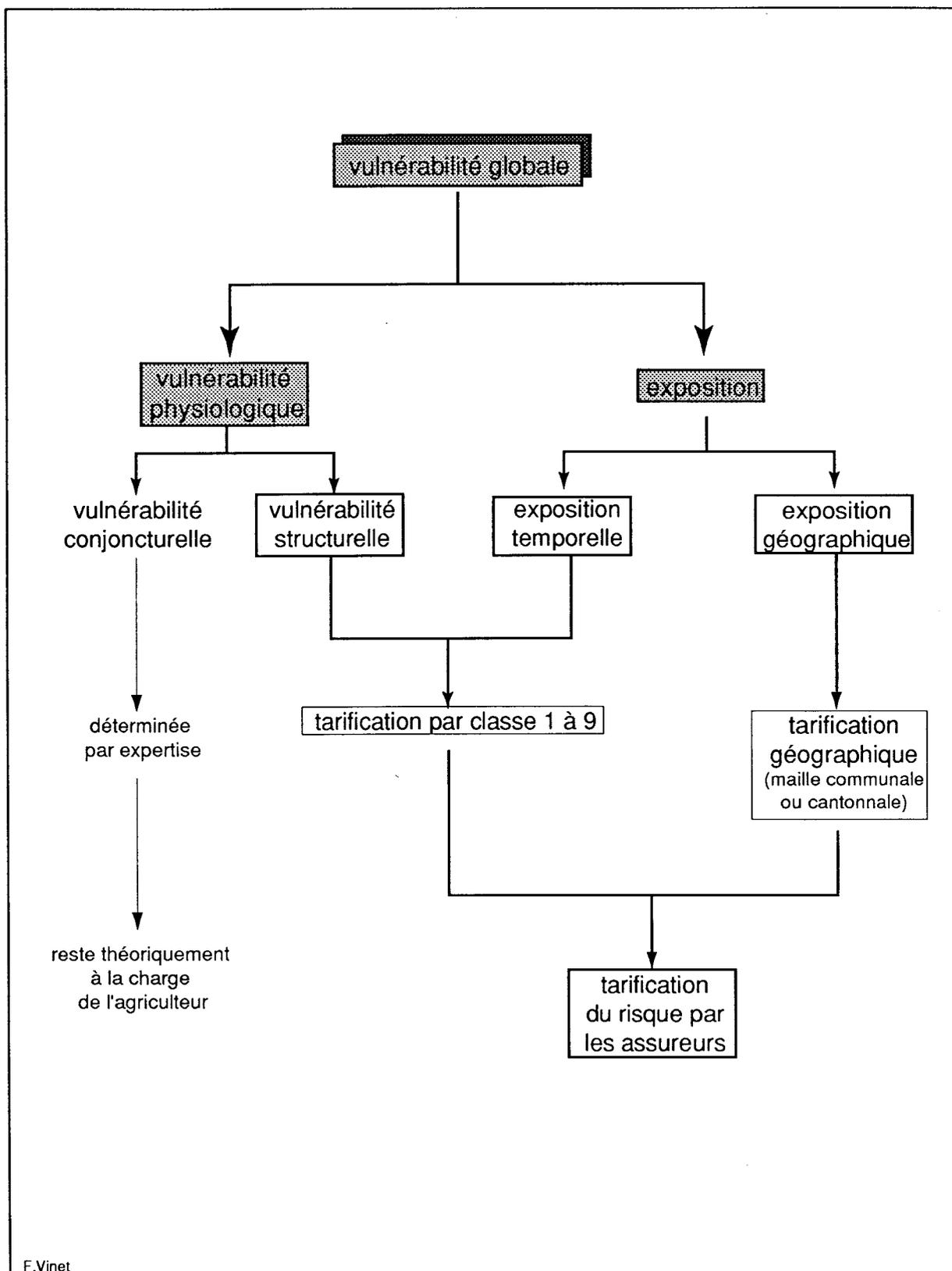


Fig. 30 - De la vulnérabilité à la tarification du risque

Chapitre 5

Prise en charge et mesure du risque par l'assurance-grêle

- 1- L'assurance : une originalité en matière de garantie contre les risques climatiques
- 2- La mise en place et l'évolution de l'assurance-grêle sur récolte depuis le XIX^{ème} siècle
- 3- L'assurance-grêle en France en 1996 : la mesure des enjeux

Chapitre 5

Prise en charge et mesure du risque par l'assurance-grêle

Introduction

Les dégâts dus aux fléaux naturels coûtent chaque année plusieurs milliards de francs à la communauté nationale. Ces dégâts sont impossibles à assumer par les individus eux-mêmes. La répartition des dommages se fait à l'échelle nationale voire internationale. L'argent collecté sur un grand nombre de personnes sert à indemniser celles touchées par des sinistres. En France, trois systèmes d'indemnisation coexistent pour assurer la prise en charge des risques par la collectivité : celui des calamités agricoles, celui des catastrophes naturelles et l'assurance. Ils reposent sur des principes différents. La grêle est pratiquement le seul risque climatique géré entièrement par l'assurance. Toutefois, elle n'est pas sans lien avec les autres régimes en particulier celui des calamités agricoles par le biais de l'incitation à l'assurance-grêle versée par le FNGCA (Fonds national de garantie des calamités agricoles).

L'assurance-grêle est d'abord un outil de gestion du risque. Il nous a paru nécessaire dans un premier temps de rappeler les systèmes d'indemnisation des risques climatiques en France puis de replacer l'assurance-grêle dans ce contexte, d'en expliquer les mécanismes et les enjeux.

Le système actuel d'assurance contre la grêle est le fruit d'une longue histoire. La gestion des risques climatiques est oeuvre de patience. La lente mise en place de l'assurance explique en partie la géographie actuelle de l'assurance-grêle en France. Quels sont les facteurs climatiques, économiques et politiques qui ont présidé au développement de l'assurance-grêle ? Comment s'est constitué le système de l'assurance au fil des années pour arriver au système actuel ?

L'assurance-grêle au milieu des années 1990 est une photographie de la prise en charge du risque à un moment donné. L'existence d'un marché libre de l'assurance-grêle sur récolte fait des résultats de l'assurance un instrument de mesure des enjeux. Nous examinerons l'implantation actuelle de l'assurance-grêle dans l'agriculture française. L'assurance permet d'évaluer la valeur des biens assurés. Elle est un moyen de quantifier en termes financiers le risque-objet c'est-à-dire la valeur des biens exposés à la grêle.

Quelle est la part des cultures assurée ? Quelles sont les principales cultures assurées ?
Quelles sont les régions où se concentrent le risque-objet c'est-à-dire l'enjeu financier pour les assureurs grêle ?

1-L'assurance : une originalité en matière de garantie contre les risques climatiques

introduction : assurabilité et non assurabilité des risques liés au climat

Pour être pris en charge par les assureurs privés sans intervention des pouvoirs publics, le risque (on regroupe ici risque-agent et risque-objet) doit répondre à plusieurs critères (Regnault de Beaucaron J., 1937 pp. 8 à 10 ; De Bretteville A., 1990) :

- * être aléatoire c'est-à-dire ne pas toujours affecter les mêmes endroits et être susceptible d'atteindre chaque point du territoire,

- * être réparti dans le temps (pas de gros sinistres mais une multitude de petits sinistres),

- * ne pas atteindre tous les assurés en même temps,

- * être mesurable de façon à établir une géographie des taux de prime.

En fait, ce qui empêche un risque climatique de dépendre entièrement du marché de l'assurance c'est sa concentration temporelle et spatiale. Plus un risque est concentré sur un petit espace moins il sera assurable. Prenons le cas du risque "inondation" : en France, (Ledoux B., 1995, Garry G., 1990) les lieux affectés par les inondations sont connus ou supposés connus : il s'agit des grands lits fluviaux (Loire, Seine...) et des reliefs en climat méditerranéen exposés aux crues de type cévenol⁴¹. Interviennent des facteurs (en l'occurrence la topographie) aggravant le risque ou le concentrant dans certains lieux. Si l'assurance était libre, seuls les habitants des secteurs exposés s'assureraient. Les assureurs auraient certes des clients mais qui courraient tous un fort risque d'être inondés qui plus est en même temps. L'intérêt de l'assurance est que les nombreux non-sinistrés compensent, par leurs cotisations, les indemnités versés aux sinistrés. De plus, les inondations peuvent prendre une ampleur (plusieurs milliards de francs de dommages dans le cas des catastrophes de Nîmes ou de Vaison-la-Romaine) à laquelle les assureurs ne sont pas préparés. Le risque "inondation" n'est donc pas gérable par les assurances

⁴¹ Ledoux B. et Bonnefoy J.L. (1994) et Garry G. (1990), entre autres, ont montré que la réalité contredit en partie cette vision.

sans une intervention de la loi rendant obligatoire l'assurance pour tout le monde. Les espaces concernés sont trop circonscrits et trop bien connus pour que l'assurance puisse jouer. Le risque "inondation" est inassurable.

La plupart des risques liés au climat sont inassurables. L'inassurabilité d'un risque climatique se définit par le fait que ce risque ne remplit pas les conditions nécessaires à sa couverture par l'assurance contractuelle privée. Le droit français est coutumier de ce genre de tautologie (est rural ce qui n'est pas urbain). Le cloisonnement entre risque non-assurable et risque assurable n'est pourtant pas étanche ni définitif. La loi prévoit d'encourager la couverture des risques par l'assurance. Il faut distinguer les risques directs liés au climat des risques naturels indirectement liés au climat. Pour les premiers, la prise en charge par le marché de l'assurance est possible en partie ou totalement sous certaines conditions. Pour ces risques, il n'y a pas d'intermédiaire, de facteur aggravant (concentration spatiale du risque) qui intervienne. On peut dire, trivialement, que l'agent climatique va directement du producteur au consommateur (du ciel (risque-agent) à l'objet endommagé (risque-objet), du cumulonimbus à la pomme) A l'heure actuelle, seuls, parmi les risques d'origine naturelle, sont assurables : la grêle, la foudre, la tempête (en partie), la neige (en partie). On remarquera qu'il ne s'agit que de phénomènes purement climatiques ou atmosphériques. Les phénomènes hydroclimatiques (inondations), morphologiques (glissements de terrain) ou géologiques (séismes) ne relèvent pas directement en France du contrat d'assurance privé. Pour pallier l'inassurabilité de ces risques, la loi française a prévu des systèmes d'aide aux victimes et d'indemnisation des dégâts dus aux phénomènes naturels.

Comme le souligne Helga Scarwell (1995, p. 84), "en dépit des dispositions du 12^{ème} alinéa du Préambule de la Constitution du 27 octobre 1946, ayant valeur constitutionnelle au sens de la Constitution du 4 octobre 1958, qui proclame "la solidarité et l'égalité de tous les Français devant les charges qui résultent des calamités nationales", ce n'est que récemment que le législateur est intervenu pour mettre en oeuvre un dispositif d'ensemble pour la prise en charge des dommages imputables aux catastrophes naturelles". En France, les biens et les personnes peuvent être garantis face aux dommages causés par un phénomène naturel selon trois régimes : celui des catastrophes naturelles, celui des calamités agricoles et enfin le marché de l'assurance. Nous rappellerons rapidement les caractéristiques des deux premiers puis nous verrons plus en détail le cas de l'assurance qui couvre les dégâts dus à la grêle.

1.1- La couverture des risques liés au climat en France

Les trois régimes de garantie contre les risques climatiques ne sont pas sans liens. Le régime des calamités agricoles (1964) est géré par l'Etat mais subventionne des risques assurables comme la grêle ou la tempête. Le régime des catastrophes naturelles (1982) est une garantie obligatoire gérée par les assureurs. Enfin, le système de l'assurance libre (dont l'assurance-grêle), très ancien dans ces principes, reste encore mineur dans la prise en charge des risques liés au climat. Il tend pourtant à s'appliquer de plus en plus aux risques climatiques.

1.1.1- Les calamités agricoles

1.1.1.1- Principe général

Le système de garantie des calamités agricoles a été mis en place par la loi du 10 juillet 1964. Le principe général de cette loi reprend celui de la loi de 1932 tombée en désuétude après la deuxième Guerre Mondiale et dont les modalités n'étaient guère appliquées. La loi de 1964 prévoit (article 1) la création d'un Fonds National de Garantie des Calamités Agricoles chargé de :

- "indemniser les dommages matériels causés aux exploitations agricoles par les calamités",
- "favoriser le développement de l'assurance contre les risques agricoles".

L'article 2 définit la calamité agricole : ce sont "les dommages non assurables d'importance exceptionnelle dus à des variations anormales d'intensité d'un agent naturel, lorsque les moyens techniques de lutte préventive ou curative employés habituellement dans l'agriculture n'ont pu être utilisés ou se sont révélés insuffisants ou inopérants". Il s'agit des dommages à caractère spécifiquement agricole.

1.1.1.2- Le Fonds national de garantie des calamités agricoles (FNGCA)

Le bras séculier de la loi de 1964 est le Fonds national de garantie des calamités agricoles. Nous aurons à reparler du FNGCA dans le cadre des incitations à l'assurance-grêle. Son financement (précisé par le décret n° 79.823 du 21 septembre 1979) est assuré par :

- les contributions additionnelles assises sur les primes ou cotisations des contrats d'assurances dommages agricoles. De 10 % sur les contrats d'assurance-incendie et de 5% sur les autres contrats (grêle sur récolte,

cheptel...), ces taux sont respectivement passés à 13 % et 7 % au 1er janvier 1987. Au 1er juillet 1987, a été instaurée une "contribution additionnelle complémentaire" sur les contrats d'assurance des véhicules utilitaires agricoles.

- une dotation budgétaire versée par l'État d'un montant égal à celui des contributions additionnelles

Les contributions additionnelles ont augmenté régulièrement de 220 millions de Francs-1990 en 1965-66 à 340 millions de francs-1990 en 1980-81 pour se stabiliser à ce niveau ensuite. Les ressources régulières du Fonds s'élevaient donc au total (contributions sur contrats d'assurances + contributions de l'État) à 680 millions de francs-1990 par an. L'état des finances du Fonds se dégrada à la fin des années 1980 sous les effets conjugués d'une gestion moins rigoureuse⁴² (définition de plus en plus laxiste de la calamité) et d'une accumulation de sinistres. La constatation du caractère de calamité agricole reste ainsi trop souvent subjective : face à une perte de production constatée lors de la récolte, on recherche *a posteriori* à quel événement cette perte pourrait être rattachée. Tout dégât est une calamité ; il n'est plus fait référence à "l'importance exceptionnelle" de ces dégâts ni encore moins aux "variations anormales d'intensité d'un agent naturel" (article 2 de la loi de 1964). H.P. Culaud (1991) ajoute que "le système de garantie contre les calamités agricoles ne doit pas se transformer en un mécanisme d'aide au revenu". Un rapport de la Cour des comptes de 1992⁴³ note que "l'absence de sélectivité dans la reconnaissance des calamités...aboutit à ne distribuer... que des aides d'un montant unitaire assez faible". Cette absence de rigueur dans l'attribution des indemnisations se conjuguant à des années très sinistrées, le Fonds dut faire face à de graves difficultés financières comblées par des dotations exceptionnelles de l'Etat et des emprunts (Laborie H., 1991). Ces difficultés financières ont été en partie à l'origine de la suppression de l'incitation à l'assurance-grêle en 1991.

1.1.1.3- Risques couverts et indemnisation

Initialement, le projet de loi n° 721 du 10 décembre 1963 énumérait les événements susceptibles d'être pris en compte par la loi sur les calamités agricoles (Crescenzo d'Auriac 1988 p. 168) : il s'agissait du gel, de la sécheresse, des ouragans, des inondations, des raz de marée, mouvements de terrain et avalanches auxquelles s'ajoutent

⁴² Voir à ce titre "L'information agricole" N°632 mars 1991 p.34-38 dans un dossier spécial calamités agricoles p. 19 à 38

⁴³ Cité par Le Monde du 27-6-1992

les épizooties (Millot R.H., 1969) mais la loi de 1964 n'a pas retenu cette liste. Le législateur a estimé que l'insertion d'une telle liste dans la loi comportait des inconvénients (Crescenzo d'Auriac M.B., 1988). Il est vain de considérer ces événements comme étant *de facto* des calamités agricoles sans les associer à des seuils. Le gel n'est pas dangereux en soi : tout dépend de son intensité et de l'époque à laquelle il intervient. De plus, aucune liste ne saurait être exhaustive (humidité estivale en Gascogne en 1988...). Enfin, il est difficile, dans certains cas, d'identifier la cause directe du dommage (entre pertes dues au gel ou à la coulure sur les vignes par exemple). Il n'est donné nulle part une liste définitive des phénomènes climatiques assurables. Seule la pratique distingue risques assurables et inassurables.

L'indemnisation :

Nous ne reviendrons pas ici sur la procédure d'indemnisation. Pour prétendre au bénéfice d'une indemnisation en cas de calamité, les exploitants agricoles doivent justifier d'une assurance incendie. Par ailleurs, les pertes doivent atteindre au moins 27 % de la production sinistrée et 14 % du produit brut de l'exploitation. Le taux de base s'élève à environ 25 % et ne peut légalement excéder 75 % des dommages. Le taux est majoré si l'exploitant a fait un effort particulier d'assurance (assurance-grêle, par exemple). La troisième condition est la publication d'un arrêté interministériel de reconnaissance de l'état de calamité agricole.

1.1.1.4- Bilan du régime "calamités agricoles" : le poids du risque sécheresse

Comme il n'existe pas de liste des risques ouvrant droit à indemnisation, ni de seuil climatologique de prise en charge, c'est la pratique qui sert de jauge. La sécheresse s'est affirmée depuis le début des années 1980 comme le principal poste de dépense (Chappuis D., 1994). C'est un risque climatique pour lequel il est difficile d'établir un seuil et qui touche de vastes surfaces. L'extension du maïs n'est pas étrangère au dérapage des indemnisations "sécheresse" dans les années 1980 (Marchand J.P. et *alii*, 1986). Les deux sécheresses de 1989 et 1990 ont gravement mis en péril les comptes du FNGCA. Pour ces deux années, la sécheresse a représenté 90 % des versements du Fonds soit 2,85 milliards de francs en deux ans. Depuis la création du Fonds, la sécheresse a englouti 50 % des versements. Le gel est le deuxième poste de dépense avec 25 % des indemnisations. La prise en charge des gelées de printemps peut augmenter rapidement les frais. Ce fut le cas en 1991 où le gel du 21 avril a coûté près d'un milliard de francs au Fonds. Comme la sécheresse, le gel peut atteindre de vastes surfaces. Ces risques ne pourraient être couverts dans les conditions de l'assurance. Ils ne répondent pas au critère d'assurabilité qui veut que l'aléa n'atteigne pas tous les assurés en même temps. La

gestion du Fonds, la lenteur des indemnisations, la dispersion des aides due en partie à un manque de sélection dans les dossiers à indemniser ont fait naître les critiques depuis la fin des années 80 sur le régime des calamités agricoles (Graux E., 1990 ; Culaud H.P., 1991).

1.1.2- Les catastrophes naturelles

1.1.2.1- Une norme qui s'est imposée

Dans le langage courant, et dans celui des spécialistes français, l'expression "catastrophe naturelle " s'est largement répandue depuis la loi du 13 juillet 1982. C'est la référence que retiennent Bruno Ledoux (1995) et J.C. Flageollet (1988). Elle a pris en France un sens juridique qui tend à occulter l'aspect purement naturel. De longues discussions ont eu lieu sur ce qu'il fallait entendre par catastrophe naturelle. J.P. Gout (1993) parle de "catastrophe d'origine naturelle", Ch. P. Péguy (1988) définit la catastrophe (au sens mathématique d'événement bouleversant l'ordre existant) en tant que rupture dans l'ordre socio-économique. Si elle n'est pas exempte de critique (Vié Le Sage R., 1989 ; Ledoux B., 1995), la loi de 1982 est devenue la référence en matière de catastrophe naturelle d'une part, par la définition qu'elle en donne et de l'autre, par la pratique et le dénombrement des "catastrophes" affectant années après années le territoire français. La référence légale s'est imposée car elle s'accompagne d'une mesure financière des dégâts (base statistique émise par la Caisse centrale de réassurance).

La loi du 13 juillet 1982 est à la base du système de remboursement des dommages causés par les phénomènes naturels. Tenant compte des enseignements de la loi de 1964 sur les calamités agricoles, le législateur opta pour l'indemnisation par l'assurance et non la réparation par un fonds public. Jacques Delors, alors Ministre de l'Économie et des Finances, déclara lors du premier vote à l'Assemblée Nationale que "c'est un système où prévaut la solidarité nationale, mais sans gestion bureaucratique et sans engagement aventureux des deniers publics".

1.1.2.2- Principe général

Les dommages susceptibles d'être indemnisés sont les dégâts matériels directs (et, éventuellement, les pertes d'exploitation) ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises.

Cette définition est inspirée de celle de l'article 2 de la loi du 10 juillet 1964 mais avec des nuances : elle ne fait pas référence au caractère inassurable des dommages puisque la voie d'indemnisation choisie est l'assurance. Dans la loi de 1964, la référence à l'inassurabilité des dommages est un frein à l'assurance de nouveaux risques car les risques pris en charge par le FNGCA sont posés *a priori* comme étant non-assurables. De plus, la loi de 1982 définit la catastrophe naturelle par ses effets sans faire référence à l'ampleur des dégâts⁴⁴.

La loi de 1964 avait été interprétée très largement du fait de cette référence à l'importance exceptionnelle des dommages (critère "socio-économique" subjectif) plutôt qu'une référence à la nature de l'événement météorologique ou à son intensité anormale (critère physique). Le législateur de 1983 a tenu compte de cette expérience acquise dans la gestion des calamités agricoles. H. Scarwell (1995, p. 87) note que la loi de 1983 ne retient que l'aspect "anormal" d'un événement sans que l'ampleur des dégâts ne soit prise en considération. Ainsi, poursuit-elle, "un sinistre ayant causé des dommages très localisés (exemple : glissement de terrain) mais présentant un caractère *anormal* pourra éventuellement donner lieu à un arrêté interministériel constatant l'état de catastrophe naturelle. Inversement, un sinistre ayant provoqué des dommages relativement importants mais qui présenteraient un caractère habituel pourra ne pas donner lieu à la prise d'un arrêté".

Pour bénéficier d'une indemnisation au titre des catastrophes naturelles, le bien ou l'activité sinistré doit être **couvert préalablement par un contrat d'assurance** (dit "contrat-socle") incluant la garantie "CAT NAT". La loi de 1982 a imposé cette garantie dans les contrats d'assurance dommages (assurance incendie...) moyennant une prime de 9% sur ces mêmes contrats. Il ne s'agit pas d'une assurance obligatoire puisque les contrats socles ne sont théoriquement pas des contrats obligatoires. En revanche, la garantie "CAT NAT" incluse dans ces contrats est obligatoire et ne peut être refusée par l'assuré. La deuxième condition préalable à l'indemnisation est que le bien sinistré soit situé dans le périmètre fixé par **l'arrêté interministériel de catastrophe naturelle**.

1.1.2.3- Biens et événements couverts

Les biens couverts (Crescenzo d'Auriac M.B., 1988, p. 182-184 ; Lambert-Faivre Y., 1995, pp.20-32) sont définis dans le contrat-socle : en général, ce sont les logements

⁴⁴ Pour des mises au point récentes sur le régime CAT NAT, voir Gathié H., 1998 (un peu technique) et le volumineux rapport Bourrelier P.H., 1997, *la prévention des risques naturels*, 702 p.

d'habitation, les bâtiments à usage industriel, commercial ou agricole, les forêts, à quoi il faut ajouter les pertes d'exploitation. Sont exclus de la garantie "CAT NAT", les cultures, les sols, les plantations agricoles qui relèvent du régime des calamités agricoles et les biens non-assurables dans les contrats-socles (voirie et biens de plein air : tennis, clôtures piscines...).

La loi ne mentionne pas la nature des événements naturels susceptibles de provoquer des dégâts ouvrant droit à indemnisation. Elle retient seulement "l'intensité anormale" et le caractère déterminant et imparable du phénomène. Ces deux termes sont sujets à discussion et interprétation plus ou moins large.

1.1.2.4- Bilans et évolution des sinistres "catastrophes naturelles"

C'est la pratique qui a établi les événements couverts. Sur 12 ans entre 1982 et 1993, le nombre de dossiers se répartit comme suit (B. Ledoux, 1995, p. 48) :

75 % des dossiers (un événement/département) ont concerné les inondations

21,5 % les mouvements de terrain

1% les avalanches

2 % les tempêtes (avant 1990)

Les sinistres d'origine hydroclimatique sont largement majoritaires. Les séismes sont très peu nombreux. Quant aux tempêtes, elles ne sont plus du ressort de la loi de 1982. Le "statut du risque tempête, ambigu au départ s'est éclairci depuis. Pour certaines cultures, ce risque est passé sous le régime de l'assurance contractuelle.. Le système a été controversé (Vié Le Sage R., 1989 et 1991). Le rapport de l'Instance d'évaluation sur la prévention des risques naturels (Bourrelier P.H., 1997) stigmatise la déresponsabilisation qu'entraîne l'indemnisation systématique lorsqu'elle n'est pas accompagnée d'un effort de prévention. Le rapport estime qu'un "renforcement décisif de l'effort de prévention s'imposera, faute de quoi le fonctionnement du régime d'indemnisation sera compromis"(p. 556).

1.1.3- Le cas du risque-tempête

1.1.3.1- De la catastrophe naturelle au risque assurable

Concernant la couverture des risques climatiques, la tempête est le risque qui se rapproche le plus de la grêle.

Avec la loi de 1982, le risque-tempête avait un statut ambigu. En effet, la tempête était déjà un risque assurable avant la loi de 1982 bien que son assurance fût peu

répandue. Ce risque ne devait pas entrer dans le cadre de la loi. Mais il y eut des exceptions (tempêtes de novembre 1982, tempêtes de l'été 1983, tornade de la Charité-sur-Loire en 1986, tempête de Bretagne en 1987 et en 1990... au total 61 dossiers dont 47 en 1982/83). S. Magnan (1983) rappelle le communiqué du Premier Ministre de l'époque daté du 12 sept 1983 :

"Au cours de l'été 1983, des orages se sont abattus sur un certain nombre de localités. Ils ont été fréquemment accompagnés de grêle et d'inondations .../... Compte tenu du fait que l'ensemble des assurés n'a pas encore été à même de souscrire cette garantie, et compte tenu aussi de l'importance inhabituelle de certains de ces orages, le Gouvernement a décidé de faire jouer en complément et à titre exceptionnel, les dispositions de la loi sur les catastrophes naturelles pour les zones où l'ampleur et l'intensité des dommages ont présenté un caractère exceptionnel."

En même temps, le Gouvernement incitait les compagnies d'assurances à offrir l'extension de garantie tempête, grêle, poids de la neige (garantie dite TGN) dans les contrats courants d'assurance dommage à partir du 1^{er} janvier 1984. La garantie TGN remplaçait l'ancienne garantie TOC (Tempête, Ouragan, Cyclone). Depuis 1990, il n'y a pas eu d'arrêtés de catastrophe naturelle pour tempête. Petit à petit, la tempête se mue en risque strictement assurable au même titre que la grêle. Une étude a été commandée en 1994 par les assureurs à Météo-France afin de mieux définir l'aléa "tempête" et sa répartition en France (Drevet C., Bénech B., Jourdain S., 1997)

1.1.3.2- L'assurance-tempête sur récolte

L'assurance-tempête sur récolte s'est répandue avec l'apparition d'une garantie tempête pour le maïs, le tournesol et le colza et les féverolles dans les années 1984-85. Ces cultures, en particulier le maïs et le colza, ont fortement progressé en France dans les années 60 et 70. Il était souvent difficile pour les experts de distinguer après un orage les dommages dus à la grêle et ceux dus au vent. La couverture des deux risques résout les litiges d'expertise. Cette assurance-tempête n'est proposée que pour les cultures déjà couvertes par l'assurance-grêle. Parfois, dans les régions peu grêlifères mais exposées au risque "tempête", les agriculteurs souscrivent une assurance-grêle pour pouvoir ensuite se couvrir contre la tempête. La couverture des cultures par l'assurance-grêle est donc favorisée par cette obligation faite aux agriculteurs même si le risque-grêle est pour eux mineur par rapport au risque-tempête.

1.1.4- La grêle et les régimes de garantie contre les risques climatiques

1.1.4.1- Pas d'indemnisation dans le cadre de la loi de 1982 sur les catastrophes naturelles

Le cas de la grêle sur bâtiments et véhicules est clair : il s'agit d'une garantie largement répandue dans les contrats d'assurance dommage donc pratiquement exclu du champ d'application de la loi de 1982. On ne retrouve pas d'arrêté interministériel de catastrophe naturelle mentionnant la grêle en tant que telle. Mais d'après R. Vié Le Sage (1989, p.66) :

"Dans la nuit du 5 au 6 juin 1983, un orage de grêle touche trois arrondissements de Paris. Pour l'essentiel, les grêlons - de taille respectable, il est vrai - causeront des dommages à quelques verrières et à des tuiles. Ils laisseront surtout des traces sur les carrosseries et les peintures de voitures stationnées en plein air. Un arrêté interministériel du 3 août 1983 établira qu'il y a eu état de catastrophe naturelle et permettra ainsi d'indemniser les victimes du *cataclysm*".

Vérification faite, cet arrêté ne fut pas publié sous le terme "grêle" mais "orage" ce qui est plus large et peut englober plusieurs phénomènes (inondations...). Difficile de savoir si, dans ces conditions, les dégâts dus à la grêle furent indemnisés car une dépêche de la direction des assurances datée du 10 août 1983 -soit quelques jours après l'arrêté- écartait cette éventualité. La direction de l'APSAIRD⁴⁵ indique qu'elle ne souhaite pas utiliser pour les orages de l'été 1983 "la procédure exceptionnelle et dérogatoire retenue en novembre 1982" (tempêtes). Elle poursuit : "Les arrêtés appelés à constater l'état de catastrophe naturelle ne viseront que les dommages causés par les débordements d'eau ou de boue ou par les glissements de terrain" (dépêche rapportée par M. B. Crescenzo d'Auriac 1988, p. 213). Peut-être quelques dégâts dus à la grêle furent-ils indemnisés sous le régime des catastrophes naturelles en 1982/83 mais en tous cas pour des sommes minimes.



1.1.4.2- Des aides exceptionnelles de la part des pouvoirs publics

Dans le cadre des calamités agricoles, des dossiers sont constitués pour les chutes de grêle par les municipalités en vue d'une hypothétique indemnisation par le FNGCA.

⁴⁵ Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances contre l'Incendie et les Risques Divers.

(Marchand J.P. et *alii*, 1986 pour l'Ille-et-Vilaine ; Gohard I., 1990 pour la Gironde). N'aboutissant jamais, ces constitutions de dossiers ont pour but de la part des maires de répondre à la pression de leurs administrés sinistrés et éventuellement de faire pression auprès des autorités pour l'obtention d'autres aides.

Dans ce qui touche aux calamités agricoles ou aux catastrophes naturelles, les pressions politiques sont nombreuses (Margeat H. et Michel J. M., 1984). Le dynamisme des maires peut être déterminant dans l'attribution des aides (Marchand J.P. et *alii*, 1986). C'est parfois le cas pour la grêle. Dans la nuit du 24 au 25 juillet 1993, un violent orage de grêle s'abattit sur l'agglomération de Roubaix-Tourcoing⁴⁶. Un arrêté de catastrophe naturelle ayant été pris, les inondations purent être couvertes mais les principaux dégâts étaient dus à la grêle qui avait endommagé plusieurs établissements industriels. Les maires de l'agglomération firent pression auprès du Ministère de l'Économie et des Finances. Un fonds de secours exceptionnel permit d'octroyer 20 millions de francs aux entreprises les plus touchées par la grêle.

Il se peut aussi que des aides spéciales soient décidées au niveau des départements. Après un gros sinistre et sous la pression des agriculteurs relayés par les élus, les chambres d'agriculture et le Crédit Agricole peuvent octroyer des aides (type prêts bonifiés). Ce fut le cas dans le Var après la chute de grêle du 13 septembre 1994 qui détruisit 25 hectares de serres horticoles autour de Toulon. Les aides ont concerné la reconstruction des serres en vitres ou plastiques. Le conseil général du Var et le conseil régional de PACA ont débloqué des fonds destinés à maintenir l'activité des exploitations horticoles touchées.

conclusion sur la grêle et les régimes d'indemnisation

Le tableau 30 récapitule les différents régimes garantissant les dégâts dus aux phénomènes naturels en France métropolitaine. Il n'est pas fait référence dans ce tableau aux types d'aide qui peuvent prendre la forme d'indemnisations, de prêts bonifiés ou de subventions exceptionnelles. La diversité des régimes d'aide a souvent du mal à passer dans l'opinion publique. Les médias ne manquent pas de relayer cette incompréhension du grand public après chaque événement climatique. Un exemple récent fut donné par la tornade qui frappa le Nord-Pas-de-Calais le 8 janvier 1998. Les dégâts furent particulièrement spectaculaires sur la commune de Saint-Omer-Capelle (59). Le vent emporta de nombreuses toitures et les chutes d'arbres endommagèrent les véhicules de nombreux particuliers. Le désarroi des habitants était renforcé par le non classement de la

⁴⁶ La Voix du Nord du 5 janvier 1994.

Tableau 30 - Les régimes d'indemnisation des dommages provoqués par des événements naturels
(épizooties et épiphyties exclues)

risque-objet ---> risque-agent ↓	Toitures et vehicules/tout bien non agricole	cultures sur pied et sous serres	maïs tournesol colza	bât. agri+ contenu, serres, véhicules, forêts	cheptel à l'extérieur
grêle	<u>assurance</u>	assurance	assurance	assurance	assurance
poids de la neige	<u>assurance</u>	cal. agri.	cal. agri.	assurance	s.o.
Tempête	<u>assurance</u>	cal. agri.	assurance	assurance	s.o.
sécheresse	CAT NAT	cal. agri.	cal. agri.	CAT NAT	s.o.
inondations	CAT NAT	cal. agri.	cal. agri.	CAT NAT	s.o.
glissement de terrain	CAT NAT	cal. agri.	cal. agri.	CAT NAT	(cal. agri.)
séisme	CAT NAT	s.o.	s.o.	CAT NAT	s.o.
avalanche	CAT NAT	cal. agri.	cal. agri.	CAT NAT	(cal. agri.)
gel	<u>assur.</u> (dégâts des eaux)	cal. agri.	cal. agri.	assur.	(cal. agri.)

Assurance : assurance libre assurance : assurance obligatoire

cal. agri. : calamités agricoles (loi de 1964)

CAT NAT : catastrophes naturelles (loi de 1982)

s.o. : sans objet

Ne sont pris en compte par aucun régime :

--->les biens non assurables en particulier les biens publics (voirie, ouvrages d'art...), l'Etat étant son propre assureur.

--->les biens exclus des contrats-socles (ne concernant pas un élément d'habitation : clôture, piscine, sépulture, tennis...).

--->ou les biens expressément exclus par les parties contractantes.

Pour les phénomènes climatiques, la liste n'est pas exhaustive : il faudrait ajouter : la chaleur excessive (coup de chaleur), les fortes humidités...

commune en "catastrophe naturelle" au titre de la loi de 1982 : "Tout est détruit et ils n'appellent pas ça une catastrophe naturelle". Les dégâts dus au vent étant assurables, ils sont exclus de la loi de 1982 comme nous l'avons dit. Mais le grand public interprète ce non-classement comme un abandon de la part des pouvoirs publics. Il y a peut-être aussi le sentiment diffus que les remboursements sont meilleurs lorsqu'ils sont effectués sous

le régime des "CAT NAT" que lorsqu'ils dépendent directement des assurances. Or il n'est pas prouvé que les habitants de Saint-Omer-Capelle eussent bénéficié de meilleurs remboursements car le régime des "CAT NAT" est géré par les assureurs avec les mêmes contraintes de franchise et de taux de vétusté que celles appliquées dans l'assurance classique. Il serait intéressant, après de tels sinistres, d'enquêter sur la perception des régimes d'indemnisation des catastrophes naturelles et leur efficacité "psychologique", c'est-à-dire l'adéquation entre les remboursements et ce qu'en attendent les sinistrés.

Globalement, la tendance en France est à l'extension du rôle des assurances dans la gestion et la couverture des risques climatiques. L'assurance est présente dans :

- la gestion des catastrophes naturelles non-assurables (loi de 1982),
- la gestion des garanties obligatoires contre les risques climatiques (TGN (Tempête, Grêle et poids de la Neige sur bâtiments et véhicules),
- la gestion des assurances facultatives (grêle et tempête sur récolte).

Seul le régime des calamités agricoles (loi de 1964) est entièrement géré par l'Etat. Dans tout ce dispositif de garantie des risques climatiques, assez complexe, mais relativement complet, la grêle sur récolte est le risque dont le régime de garantie est le plus clair. Elle dépend essentiellement de l'assurance libre contractuelle et ce depuis longtemps.

1.2- L'assurance-grêle en France

introduction : seul le risque "grêle sur récolte" est mesurable

Les dégâts causés par la grêle n'entrent dans le cadre ni des calamités agricoles, ni des catastrophes naturelles. Les pouvoirs publics ont incité à partir de 1984 les assureurs à généraliser la garantie "Tempête, Grêle, Neige" dans les contrats d'assurance dommage de façon à ce que ces risques climatiques soient aussi couverts. Cette garantie venait "en complément" de celle offerte par le régime des catastrophes naturelles. Tous les risques climatiques peuvent ainsi être couverts. On a vu précédemment (chapitre 4) que les dégâts sur bâtiments ou sur véhicules sont couverts par une extension de garantie obligatoire aux contrats d'assurance dommage pour les premiers (TGN) et les contrats d'assurance "tout risque au véhicule" pour les seconds. Le risque-grêle sur bâtiment et le risque-grêle sur véhicules ne sont donc pas soumis au marché de l'assurance libre. Nous ne reviendrons pas sur la couverture de ces risques par les assurances. Ils ne font pas pleinement partie de notre étude. Il n'y a pas en effet véritablement de risque pour les assureurs ou les assurés puisque l'assurance est obligatoire. Les conséquences du caractère obligatoire de

l'extension de garantie sur bâtiments et véhicules sont nombreuses : la connaissance des sinistres n'est pas nécessaire car il n'y a pas de tarification spécifique de la garantie TGN. Il n'y a donc pas de recensement des sinistres strictement dus à la grêle. La géographie des dommages est donc impossible à établir.

En revanche, la grêle sur récolte est librement contractable. Il y a donc une tarification spatialement différenciée du risque. Pour tarifer au plus juste, les assureurs doivent connaître le risque en récoltant les statistiques des sinistres. **Le risque assurance-grêle sur récolte est donc mesurable et spatialisable.** C'est lui qui retiendra désormais toute notre attention.

1.2.1- L'assurabilité du risque "grêle sur récolte"

La grêle sur récolte répond aux critères d'assurabilité énoncés en début de chapitre. Elle est considérée comme aléatoire dans le temps et dans l'espace. Elle n'atteint pas tous les assurés en même temps ; ainsi, les nombreux assurés non-sinistrés paient, par leurs cotisations, les sinistres endurés par quelques-uns. La grêle est dispersée dans le temps et dans l'espace : les sinistres sont nombreux chaque année et théoriquement répartis sur tout le territoire. Enfin, le risque-grêle est mesurable par la collecte des conséquences financières des sinistres ce qui permet d'établir la tarification.

1.2.2- Perception et connaissance du risque

Il faudrait ajouter aux critères techniques d'assurabilité un critère beaucoup moins quantifiable : la perception et la prise de conscience du risque. Il faut en effet que le risque soit présent à l'esprit de celui qui le court. Cela implique que la récurrence de l'aléa soit suffisante pour que l'assuré, la victime potentielle, ait le risque à l'esprit. Prenons le cas d'une exploitation agricole ou d'une commune touchée par un événement climatique dommageable (grêle...) tous les trente ans. Il y a bien risque d'une destruction de récolte ou de bâtiments, mais une occurrence tous les trente ans n'est pas suffisante à l'échelle de la vie humaine. C'est ce qui explique la non-assurabilité (par le marché libre) du risque-grêle sur bâtiments ou véhicule. Le seuil de dommages (grêlons d'un à deux centimètres de diamètre) fait que les chutes sont rares en un même point avec des périodes de retour de dix à quinze ans dans les régions françaises les plus touchées. On comprend facilement que si l'assurance était libre, très peu d'automobilistes s'assureraient.

Cela favorise ce que les assureurs appellent **l'antisélection** (Chiappori P.A., 1997). Cette notion de sélection/antisélection est essentielle pour la compréhension des règles du marché de l'assurance. L'objectif premier des assureurs est de répartir les

risques en équilibrant géographiquement et économiquement les "mauvais risques" et les "bons risques"⁴⁷. Les arboriculteurs du Sud-Ouest ou des Rhône-Alpes qui subissent souvent de la grêle auront tendance à se sur-assurer. En revanche, les agriculteurs qui ne s'estiment pas menacés (à tort ou à raison) ne vont pas s'assurer. Ces attitudes sont normales, elles relèvent de la loi du marché du risque. Le problème vient lorsque le système évolue par rétroaction positive ("cercle vicieux"). Pour faire face aux "mauvais risques", les assureurs vont devoir augmenter leurs prix ce qui dissuadera les clients peu touchés par la grêle de s'assurer et renforcera le poids des "gros risques" dans la clientèle et ainsi de suite. Ce phénomène empêche les assureurs de choisir et répartir leurs risques car seuls les "mauvais risques" vont s'assurer. Ce phénomène est avant tout comportemental⁴⁸. Il dépend de la perception et de la connaissance qu'assureurs et assurés ont du risque-agent. La grêle est un phénomène assez rare et c'est souvent la mémoire individuelle et collective qui entretient la perception du risque. Cette perception commande la conscientisation des agriculteurs donc la contractation ou non d'une police d'assurance. Cette conscientisation dépend en partie de la période de retour des averses de grêle dommageable en un point donné. Le seuil à partir duquel la prise de conscience du problème entraîne l'assurance (toutes choses égales par ailleurs) est difficile à déterminer : 10 ans, 20 ans ? Il faudrait pour cela des enquêtes précises en fonction du risque-objet. Cette perception ne dépend pas que de la récurrence ponctuelle. Elle tient au contexte local, l'agriculteur comparant sa perception du risque avec celle de ses voisins. Une forte chute de grêle sur l'exploitation agricole d'un voisin peut inciter un agriculteur à s'assurer l'année suivante. S'il n'a pas subi de grêle au bout de quelques années, il estimera que l'assurance n'est pas rentable et l'abandonnera. A ce titre, les chutes de 1997 dans le Bassin parisien ont été "bénéfiques" à moyen terme pour le marché de l'assurance car elles ont touché des céréaliculteurs qui n'avaient pas eu de grêle depuis dix ou vingt ans. Ces chutes de grêle affectant la partie nord de la France rééquilibrent la perception du risque. Elles maintiennent chez des agriculteurs habituellement peu frappés par la grêle la conscience du risque sans coûter trop cher aux assureurs.

La démarche de s'assurer implique donc que l'on ait conscience du risque économique que peut représenter une averse de grêle. Mais avoir conscience du risque ne signifie pas qu'on le connaisse. La connaissance du risque (une perception quantifiée et "juste") est plus difficile pour l'agriculteur. C'est cette différence entre la perception et la connaissance qui permet aux assureurs de garder "une longueur d'avance" car eux ont une connaissance économique du risque par les résultats techniques de l'assurance.

⁴⁷ un "mauvais" risque est un risque qui coûte cher à l'assureur. Un "bon" risque est un risque qui permet de faire quelques bénéfices.

⁴⁸ voir les explications générales de ce phénomène dans Chiappori P.A., 1997 pp. 74 à 79.

Ces limites expliquent que la grêle sur bâtiments et véhicules ne répondent pas aux critères d'assurabilité d'une part car le risque-objet (bâtiments ou véhicules) est plus concentré spatialement que les cultures et d'autre part parce que la conscience du risque n'est pas assez développée. Les chutes de grêle sur bâtiments ou véhicules sont trop rares à l'échelle de la vie humaine pour que les éventuels assurés soient conscients du risque. Qui dépenserait 200 ou 300 francs par an pour assurer son appartement contre la grêle s'il n'y était tenu par la loi ?

1.2.3- Le contrat d'assurance "grêle sur récolte"

C'est le contrat d'assurance qui est le support de la relation entre assurés et assureurs. Nous allons décrire les principes et les pratiques générales qui régissent les contrats d'assurance-grêle sur récolte en sachant qu'il existe de nombreux contrats spécifiques adaptés à tel type de culture ou à telle ou telle région.

1.2.3.1- les risques couverts

- L'événement : la garantie ne couvre que les dégâts exclusivement dus à la chute des grêlons ce qui exclut les dégâts que pourraient causer le vent ou la pluie lors d'un orage.

- Les biens : toutes les récoltes pendantes peuvent être assurées contre la grêle. Sont assurées le produit principal (grain, fruit...) et le produit secondaire (paille pour les céréales par exemple bien qu'assez rare). Une récolte ramassée mais entreposée dans le champ n'est plus couverte par l'assurance. Généralement, la garantie court du 1er mars au 31 octobre mais les exceptions sont nombreuses et s'adaptent en fait au type de culture. En pratique, les fruits sont rarement couverts avant le stade de la nouaison, c'est-à-dire de la formation des fruits. Pour les pêchers des garanties différentes sont proposées en fonction des espèces. Groupama Drôme (entre autres) propose des contrats couvrant les pêches jusqu'au 31 juillet ou jusqu'au 15 août. Les tarifs du deuxième type de contrat sont évidemment plus élevés. Pour les céréales, la limite généralement admise est au plus tard le 15 septembre.

- Les dommages : les dommages couverts sont les pertes de quantité sur la récolte de l'année. Les dégâts au bois (arbres fruitiers et vigne) des cultures perennes ne sont pas couverts ni les éventuelles diminution de la récolte de l'année N+1 lorsque la grêle a endommagé les bourgeons (voir le cas de l'averse de grêle du 11 juin 1997 sur le vignoble du Muscadet que nous avons étudié dans le chapitre précédent). Pour certaines

cultures, l'assurance couvre les pertes de qualité : fruits, légumes-fruit et légumes-feuille, betterave à sucre, maïs-semence, petits pois...

1.2.3.2- Les garanties

Les garanties sont établies sur la base d'une déclaration d'assolement remplie par l'assuré et dans des conditions acceptées par les deux parties contractantes. La déclaration d'assolement doit être remplie au plus tard le 31 mai. La reconduction est tacite d'une année sur l'autre. La résiliation est possible chaque année avec un préavis de deux mois de la part de l'assuré⁴⁹. Pour l'ouverture d'un nouveau contrat, le délai entre la déclaration d'assolement et la date de prise d'effet de la garantie est de sept jours. Ce délai s'est allongé depuis quelques années compte tenu des progrès dans la prévision météorologique à moyen terme. Lorsque des orages étaient annoncés à quelques jours d'échéance, des agriculteurs s'assuraient au dernier moment. Le délai de sept jours évite ce genre de pratiques.

La déclaration d'assolement comporte outre l'identification de l'exploitation des renseignements concernant les parcelles que l'agriculteur veut assurer :

- situation géographique des parcelles (commune ou lieu-dit)
- la nature des cultures (désignée par une classe de 1 à 9 voir chapitre précédent)
- les superficies concernées
- la valeur des récoltes escomptée par hectare (produit du rendement espéré par le tarif à l'unité : quintal, kilo...)
- les capitaux assurés (nombre d'hectares assurés multiplié par valeur assurée à l'hectare)

L'agriculteur a pour obligation d'assurer toutes les cultures de même nature sur son exploitation. Cela évite d'éventuels effets locaux qui permettraient à l'agriculteur d'assurer les parcelles les plus grêlées ou les plus fragiles sans assurer les autres. La non observation de ce principe favorise l'antisélection.

1.2.3.3- La tarification

La tarification s'effectue par application des taux de prime ou de cotisation⁵⁰ aux capitaux assurés. Le taux de cotisation référence est en général celui de la classe 1 (blé).

⁴⁹ Avant la loi du 31 décembre 1989, il n'était pas possible pour l'assuré de résilier avant dix ans.

⁵⁰ Les sociétés anonymes d'assurances (U.A.P., Abeille, Pool grêle...) employaient le mot "prime" et les mutuelles (Groupama) "cotisation". Les deux termes recouvrent la même réalité économique et peuvent être utilisés indifféremment. Par euphémisme commercialement correct, le terme "cotisation" tend à se généraliser.

Les tarifs des autres classes sont déterminées à partir de ce taux de référence (TR) assorti d'un coefficient multiplicateur. Nous donnons ici une échelle indicative des coefficients multiplicateurs par classe (tableau 31).

Tableau 31 - L'échelle tarifaire des cultures

classe	type de culture	coefficients tarifaires interclasses
classe 1	blé et céréales fourragères	taux de référence (TR) = 1
classe 2	autres céréales	TR multiplié par 1,5
classe 3	oléagineux et protéagineux	x 2,25 à 3
classe 3-1	colza, moutarde	x 5
classe 4	vigne	x 5
classe 5	légumes divers	x 2,5
classe 6	fleurs, petits fruits, fruits secs...	x 5
classe 7	fruits, pépinières	x 6
classe 8	légumes-feuilles	x 6,5
classe 9	fruits	x 7,5

D'après les échelles tarifaires de plusieurs compagnies (1993)

Outre le type de culture, la tarification répond à une logique spatiale et les tarifs sont définis par départements, par canton voir de plus en plus par commune si les séries statistiques de l'assureur le permettent. Dans chaque département, chaque classe de culture se voit attribuer un taux plancher en dessous duquel l'assurance est considérée comme pratiquée à perte. Nous verrons en détail, dans le chapitre suivant, les indicateurs financiers qui permettent de spatialiser le risque.

Comme la plupart des contrats d'assurance, ceux concernant la grêle sur récolte sont assorti d'une franchise. C'est la part des dégâts qui reste à la charge de l'assuré. Elle est en général de 10 % pour les contrats d'assurance-grêle mais peut monter à 15 % pour les fruits. C'est dans presque tous les cas une franchise parcellaire (parcelle reconstituée), parfois une franchise d'exploitation. Cette franchise vise surtout à éviter un trop grand nombre de petits sinistres qui augmentent les frais de gestion pour des sommes assez faibles. Pour un sinistre sur contrat à franchise de 10 %, il n'y aura pas d'indemnisation si le taux de perte reste en-dessous de 10 %.

1.2.3.4- Le sinistre

La chute de grêle doit être signalée au plus vite à l'assureur. Le délai maximum de déclaration est de quatre ou cinq jours après l'averse de grêle.

Le montant de l'indemnisation est calculé en multipliant les capitaux assurés par le taux de perte et en déduisant la franchise. Le taux de perte est déterminé par l'expert (voir chapitre 4) en évaluant les pertes de quantité ou en calculant le manque à gagner dû au déclassement des fruits dans le cas des pertes de qualité. L'indemnisation est en général plafonnée à 80 % du taux de perte. En effet, lorsque la grêle a détruit totalement ou presque la récolte, les frais de récolte non engagée sont déduits du montant des indemnisations. Il est essentiel de noter que les pertes sont évaluées à la récolte. L'expert évalue les pertes totales dues à la grêle lors de la saison. si la parcelle a subi plusieurs chutes de grêle dans la saison c'est le résultat final sur la récolte qui sera pris en compte sans distinguer les effets de tel ou tel orage. Ce système empêche d'avoir une ventilation temporelle des dégâts à l'intérieur de la saison (sauf dans le cas de certaines caisses Groupama (Drôme) qui enregistrent la date du dernier sinistre ayant touché chaque parcelle).

1.2.3.5- Les contrats particuliers

Il faut d'abord signaler le cas particulier du tabac qui, pour des raisons techniques (notamment la difficulté qu'il y a à différencier les dégâts de la grêle de ceux du vent ou de la pluie après un orage), est couvert par une assurance multirisques agricoles. Cette assurance garantit contre les effets de la grêle, du vent, de la stagnation des eaux et de certaines épidémies. Elle a été mise en place par les Mutuelles Agricoles en 1971. Nous n'avons pas intégré le tabac dans nos études des dégâts de la grêle sur récolte.

Pour les autres cultures, il existe de nombreux contrats adaptés aux régions ou aux différentes cultures. C'est le cas des contrats forfaitaires de Groupama. Ces contrats englobent de multiples assurances (incendie, bétail...) sur une même exploitation. Ils concernent des régions (Bassin parisien) et des cultures (céréales) peu exposés et peu sensibles à la grêle. Des adaptations peuvent être faites dans les contrats, en particulier sur les taux de prime et les franchises des contrats-fruits. Certains agriculteurs demandent une baisse des taux de prime en acceptant le passage de la franchise à 20 % du capital assuré.

L'assurance est théoriquement libre mais, de plus en plus, les assureurs soumettent la signature d'un contrat-grêle à la condition de souscrire les autres assurances (bétail, incendie...) dans la même compagnie. C'est le cas de Groupama qui estime que les

assurances climatiques (grêle et tempête) ne sont pas de "bons" risques et sont difficiles à gérer. Il est nécessaire, selon les dires de la plupart des assureurs-grêle, de compenser les risques climatiques par d'autres marchés.

Afin d'illustrer les notions qui viennent d'être exposées, nous allons prendre deux exemples de contrats (fictifs) ayant subi un sinistre :

contrat d'assurance-grêle sur fruits	contrat d'assurance-grêle sur blé
LES GARANTIES	LES GARANTIES
lieu : Villeneuve-sur-Lot (47) + référence cadastrale des parcelles	lieu : Escoville (14) + référence cadastrale des parcelles
surface assurée : 10 hectares	surface assurée : 10 hectares
capital assuré par hectare : 80 000 FF	capital assuré par hectare : 8000 FF
total des cap. ass. : 800 000 FF	total des cap. ass. : 80 000 FF
franchise : 15 % du cap. ass.	franchise : 10 %
LE SINISTRE	LE SINISTRE
chutes de grêle le 5 août et le 3 septembre	Chute de grêle le 5 juillet
surface touchée : 3,5 hectares	surface touchée : 3,5 hectares
taux de perte : 100 % (fruits invendables)	taux de perte de 40 % sur grain
L'INDEMNISATION	L'INDEMNISATION
$((80\ 000\ \text{FF} * 3,5\ \text{ha}) - 20\ \% \text{ (frais de récolte non engagés)}) - 15\ \% \text{ (franchise)} = 280\ 000 - 56\ 000 - 42\ 000 = \mathbf{182\ 000\ \text{FF}}$	$((8000\ \text{FF} * 3,5\ \text{ha}) * 40\ \%) - 10\ \% = (28\ 000 * 40\ \%) - (28\ 000 * 10\ \%) = \mathbf{8400\ \text{FF}}$
L'agriculteur recevra 182 000 francs.	L'agriculteur recevra 8400 francs

N.B. : toute ressemblance avec des faits existant ou ayant existé ne serait que pure coïncidence. Les chiffres donnés sont les chiffres moyens pratiqués dans les régions mentionnées tant pour les taux de cotisation que pour les capitaux.

Si la grêle sur récolte relève totalement de l'assurance, elle est liée au système des calamités agricoles car le Fonds national de garantie des calamités agricoles incite les agriculteurs à s'assurer contre la grêle (article 1 de la loi du 10 juillet 1964).

1.2.4- L'incitation à l'assurance-grêle sur récolte

1.2.4.1- Les cadres de l'intervention des pouvoirs publics

Plusieurs dispositifs sont prévus pour inciter les agriculteurs à l'assurance-grêle. La loi de 1964 sur les calamités agricoles prévoyait que le FNGCA serait "chargé de favoriser le développement de l'assurance contre les risques agricoles" (art. 1^{er}). Cette recommandation concernait, au premier chef, la grêle, risque assurable par excellence. L'aide à l'assurance-grêle relève du FNGCA et des conseils généraux.

* L'incitation du FNGCA à l'assurance-grêle prend deux formes :

- l'incitation indirecte par les conditions d'assurance exigées des agriculteurs (1)
- l'incitation directe par l'attribution de subventions aux assurés contre la grêle et la tempête.(2)

(1) Le taux d'indemnisation de base pour les pertes dues à des phénomènes entrant dans le cadre de la loi de 1964 est de 25 % mais il passe à 35 % quand l'agriculteur a fait un effort particulier d'assurance (grêle, tempête, mortalité du bétail).

(2) L'incitation directe se fait par la participation du FNGCA aux cotisations d'assurances grêle et tempête. Cette action d'incitation s'est en fait maintenue jusqu'à aujourd'hui avec quelques années d'interruption. Elle comporte :

- une subvention principale, applicable à l'ensemble du territoire français et accordée aux agriculteurs garantissant en grêle des "cultures fragiles".

- une subvention complémentaire, uniquement dans les départements où le conseil général aura déjà accordé une subvention de même nature. La subvention du FNGCA est proportionnelle à l'effort fourni par les conseils généraux.

* Les conseils généraux qui le décident (une quarantaine en France en 1997) peuvent subventionner les cotisations d'assurance-grêle. Les départements choisissent librement et indépendamment du FNGCA le taux d'aide pratiqué et les cultures bénéficiaires. La contribution, qui peut s'élever à plusieurs millions de francs, est versée directement aux assureurs qui se chargent de la déduire de chaque contrat-grêle.

Il faut ajouter à ces aides l'octroi exceptionnel de prêts bonifiés après une chute de grêle. C'est ce que laisse entendre la réponse du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche à une question du député Marcel Roques (N° 7241-25, octobre 1993, J.O. questions à l'Assemblée nationale 14 février 1994 p.754). Est aussi possible le dégrèvement fiscal

(article 1398 du Code général des impôts) sur la taxe foncière et les taxes annexes afférentes aux parcelles touchées par la grêle (réponse du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche à une question du député J.F. Chossy N° 4260-26 juillet 1993 J.O. questions à l'Assemblée nationale 20 septembre 1993 p.3057).

1.2.4.2- Les vicissitudes de l'incitation à l'assurance-grêle sur récolte

La chronologie de l'incitation à l'assurance-grêle reflète l'évolution du marché de l'assurance et les hésitations des Pouvoirs publics face à ce type de prise en charge des fléaux climatiques.

- Loi du 10 juillet 1964 : 22 % sur cultures fragiles et 10 % sur les autres. L'article 5 de la loi de 1964 prévoyait de prendre en charge pendant une durée minimale de 7 ans, une part des cotisations afférentes aux contrats d'assurance-grêle. Cette prise en charge ne devait pas dépasser 50% de la prime totale la première année et se réduire à 10% la septième année.

-**1971** : année très grêlifère. Les subventions ne concerneront désormais que les cultures fragiles. Les conditions en matière d'assurance requises en cas de demande d'indemnisation calamités agricoles sont rendues plus sévères par l'arrêté du 14 octobre 1971.

-**1975** : distinction entre les fruits et les autres cultures fragiles auxquelles on applique un taux de subvention réduit.

-**1991** : suppression de l'incitation à l'assurance-grêle par le FNGCA pour des raisons budgétaires (sécheresse) et parce que l'incitation n'était plus efficace. (Réponse du Ministre de l'Agriculture et de la Forêt à une question du sénateur Jacques Golliet datée du 19 septembre 1991, N°17301, J.O. Questions au Sénat. 2 janvier 1992, p.26).

-1992-1993 fortes grêles, année électorale, pression des arboriculteurs

-1993 suppression de l'aide à l'assurance-tempête

-**1994** : rétablissement de l'aide pour les fruits et légumes-fruits uniquement pour la subvention complémentaire et avec un plafond de 10%.

-1995 : aide étendue aux légumes-feuilles. Rétablissement d'une subvention principale, nationale de 5%

-1996 : subvention principale portée à 7,5 %.

Les deux dates les plus significatives sont 1975 et 1991. La décision en 1975 de différencier l'incitation à l'assurance pour les fruits de l'incitation à l'assurance-grêle sur les autres cultures témoigne de la montée en puissance des fruits dans le portefeuille des

assureurs et du coût de l'assurance de plus en plus élevé pour les fruits. C'est le premier indice d'une évolution de fond qui préfigure les évolutions de l'assurance-grêle que l'on a connu dans les années quatre-vingt-dix. La suppression des aides en 1991 exprime entre autres choses, les doutes des pouvoirs publics sur l'efficacité du système. Depuis 1994, l'incitation s'est maintenue avec quelques aménagements annuels⁵¹. Nous reviendrons sur les effets de la suppression de l'incitation à l'assurance en 1991 dans la troisième partie de la thèse. Cette suppression fut révélatrice des hésitations des Pouvoirs publics face aux risque climatiques. Elle eut par ailleurs de graves répercussions sur la gestion du risque-grêle dans son ensemble et précipita les changements actuels dans les stratégies de protection contre la grêle.

1.2.4.3- Les modalités de l'incitation à l'assurance-grêle

Il faut donc, en 1997, distinguer trois types d'aide (tableau 32) :

- l'incitation nationale qui est versée par le FNGCA dans tous les départements pour les cultures fruitières, les légumes-fruits et les légumes-feuilles assurées (voir décret annexe 7),
- l'incitation complémentaire qui est versée par le même FNGCA dans les départements où le conseil général verse lui-même une subvention,
- la subvention départementale pratiquée dans 41 départements en 1997.

Tableau 32 - Les taux d'incitation à l'assurance-grêle en 1997

Taux d'aide du FNGCA subvention principale	Taux d'aide du conseil général	Taux d'aide du FNGCA subvention complémentaire	
		J. A.	autres catégories
7,5 %	0 %	0 %	0 %
7,5 %	< 5 %	10 %	7,5 %
7,5 %	de 5 à 10 %	15 %	10 %
7,5 %	> 10 %	20 %	15 %

J.A. = Jeunes agriculteurs c'est-à-dire installés depuis moins de trois ans.

source : FNGCA

⁵¹ Nous mettons en annexe 7 le décret fixant les règles d'incitation à l'assurance pour 1997.

En 1995, Sur les 38 départements où les conseils généraux avaient voté une aide à l'assurance-grêle, 13 avaient instauré des plafonds, soit par hectare soit par exploitation. Les taux d'aides retenus par les collectivités départementales varient de 3,1 à 30 % (Puy-de-Dôme). Les jeunes agriculteurs (installés depuis moins de trois ans) bénéficient de taux préférentiels⁵².

Prenons l'exemple d'un arboriculteur assurant 15 hectares de verger à 50 000 francs de capital/ha avec un taux de prime de 10 %. Le coût de son assurance sera de 15 ha x 50 000 FF) x 10 % soit 75 000 francs.

En Dordogne, il bénéficiera seulement de l'incitation principale dévolue par le FNGCA à tous les départements au taux de base de 7,5 % soit 5625 francs d'aide, il paiera 75 000 - 5625 francs soit 69 375 francs de prime d'assurance.

Dans le Lot-et-Garonne, pour un coût d'assurance supposé égal, l'agriculteur bénéficiera de la subvention principale (7,5 %), de l'aide du conseil général (10,1 %) et de la subvention complémentaire du FNGCA (15 %) soit une aide totale de 32,6 %. Il paiera finalement 75 000-24 450 = 50 550 francs. Notons que le taux d'aide du conseil général du Lot-et-Garonne dépasse de justesse 10 % de manière à faire bénéficier les agriculteurs de la tranche d'aide supérieure de la subvention complémentaire du Fonds National.

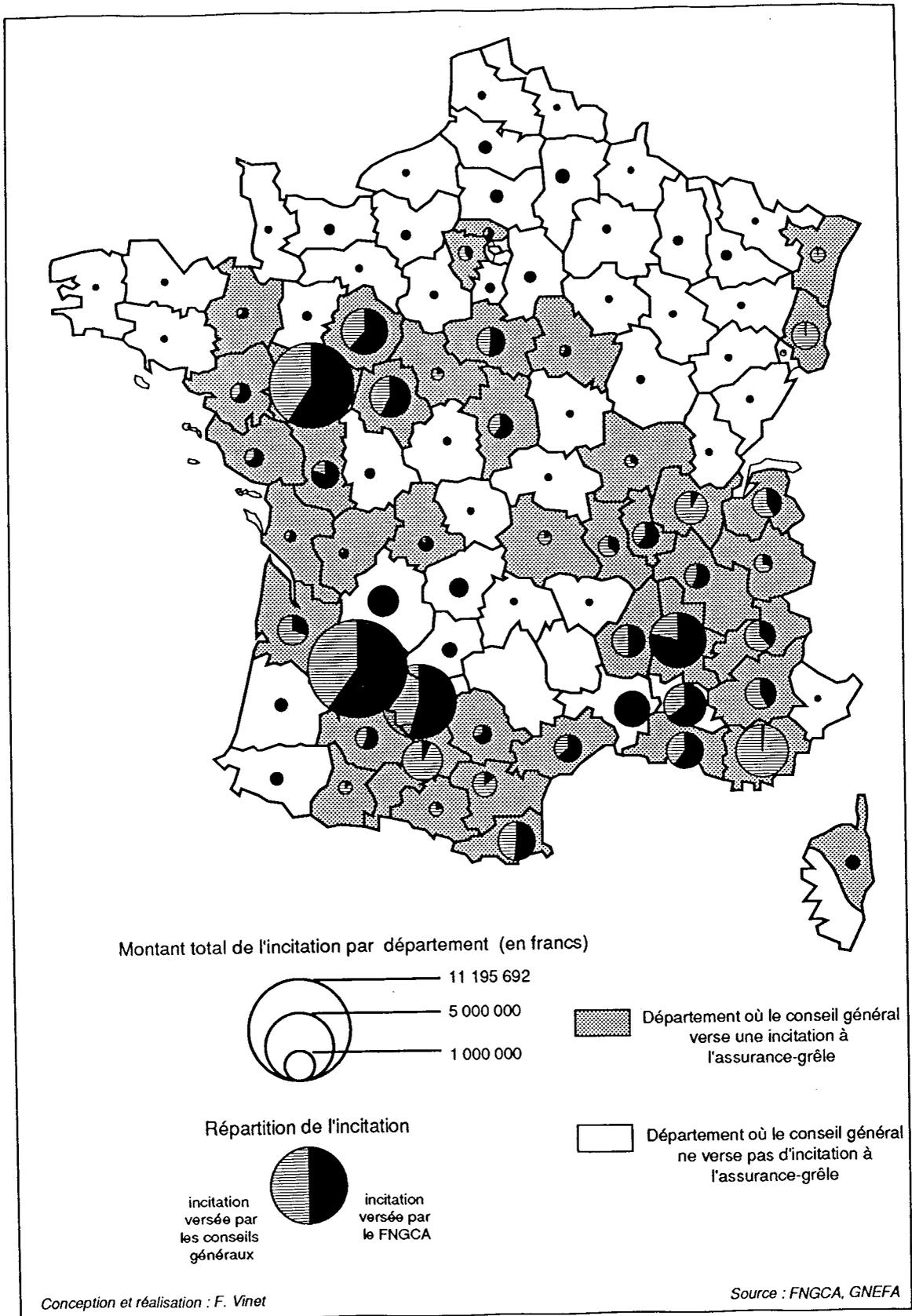
C'est donc l'intervention des conseils généraux qui est déterminante. C'est elle qui conditionne la géographie très déséquilibrée du montant des incitations versées aux agriculteurs.

1.2.4.4- Géographie des incitations à l'assurance-grêle en France

En 1996, les incitations à l'assurance-grêle versées par le FNGCA et les conseils généraux se sont élevés à 65 821 239 FF dont 35,8 millions versés par le FNGCA et 30 millions par les départements pratiquant l'incitation. L'aide globale par département est très inégalement répartie (carte 55).

Le Lot-et-Garonne et le Maine-et-Loire arrivent nettement en tête pour le montant global de l'aide avec respectivement 11 195 692 francs et 8 145 663 francs soit 30 % des sommes versées en France. Les dix premiers départements totalisent 42 millions de francs soit 64 % des aides (FNGCA et conseils généraux confondus). Trois régions concentrent les aides : la vallée de la Garonne, le Val de Loire et le Sud-Est. L'incitation principale et

⁵² Voir le numéro 10 de novembre 1995 de la revue "Fléaux atmosphériques" éditée par le GNEFA.



Carte 55 - L'incitation à l'assurance-grêle en France en 1996

complémentaire versées par le FNGCA ne concernant que les fruits et les légumes, la géographie de l'incitation reflète la répartition départementale de ce type de culture (voir chapitre 4). 88 départements ont bénéficié de l'incitation principale en 1996. Ceux qui n'ont pu en bénéficier sont des départements sans verger ou surface en maraîchage assurée : Paris et la petite couronne et des départements de montagne (Aveyron, Lozère, Corse du Sud).

L'incitation départementale, qui dépend de la bonne volonté des conseils généraux, amplifie ou nuance localement cette répartition spatiale. Elle l'amplifie en Moyenne-Garonne où les conseils généraux du Lot-et-Garonne et du Tarn-et-Garonne subventionnent largement l'assurance-grêle. En revanche, les agriculteurs du Gard ne bénéficient pas d'aide du conseil général malgré la forte implantation des vergers dans ce département.

--->le cas du Var :

Dans certains départements, le fort déséquilibre entre le montant de la subvention du FNGCA et celui de l'incitation départementale signifie que la subvention du conseil général ne bénéficie pas qu'aux fruits et légumes mais à d'autres cultures. C'est le cas du Var où les subventions versées par le FNGCA sont faibles (37426 francs en 1996) du fait de la moindre extension des vergers. En revanche, le conseil général y subventionne l'assurance-grêle sur toutes les cultures à hauteur de 25 %. L'enveloppe votée par le conseil général (un peu plus de 3 millions de francs annuels) n'était, jusqu'en 1994, que partiellement consommée. Depuis la forte averse de grêle qui détruisit 25 hectares de serres le 13 septembre 1994 dans le secteur de Toulon-Ollioules, l'assurance s'est généralisée chez les horticulteurs. Le conseil général avait débloqué une aide exceptionnelle pour venir en aide aux horticulteurs sinistrés en leur faisant bien prendre conscience du caractère circonstanciel de cette aide. L'événement du 13 septembre 1994 a amélioré la couverture des cultures horticoles par l'assurance. Depuis 1995, l'enveloppe de 3100 000 francs est presque totalement absorbée, horticulture et vigne étant les deux premiers postes.

En fait, si la subvention nationale du FNGCA est répartie suivant des règles équitables, l'octroi d'aide de la part des conseils généraux (ouvrant par là même à la subvention complémentaire du FNGCA) ne répond qu'à des logiques internes aux départements. Les raisons qui président à l'attribution ou non d'aide à l'assurance-grêle par les conseils généraux dépendent principalement du poids politique et économique de l'agriculture spécialisée. Tous les départements où les vergers occupent de vastes surfaces bénéficient de l'aide de leurs conseils généraux sauf le Gard et la Dordogne, et dans une moindre mesure, la Corrèze et le Lot. Dans les départements du Sud-Ouest intérieur, la

pression des arboriculteurs est forte. L'agriculture, et surtout les cultures fruitières, y a un poids majeur dans l'économie locale. Le poids politique des agriculteurs est en conséquence. Mais les politiques départementales répondent à des logiques très différentes. Les départements alsaciens profitent d'une enveloppe de plus d'un million de francs versés par les deux conseils généraux alors que le FNGCA ne verse qu'un peu plus de 3000 francs. Ce déséquilibre s'explique par la décision des conseils généraux de subventionner à hauteur de 15 % les primes d'assurance-grêle du houblon. Les départements alsaciens sont soucieux de préserver cette culture traditionnelle. Le conseil général de la Drôme a choisi d'aider toutes les cultures à hauteur de 1,5 % et de faire un effort particulier (5,1 %) pour les jeunes agriculteurs⁵³.

conclusion

Le système de prise en charge des risques naturels français est l'un des plus complexe mais aussi l'un des plus complets au monde. Pratiquement tous les phénomènes naturels susceptibles de causer des dommages aux biens sont couverts. Ce système est fortement encadré par l'Etat contrairement à d'autres pays où l'assurance est priée d'assurer ces risques. En Californie ou au Japon, où les risques sismiques sont couverts par l'assurance, les primes sont souvent trop élevées pour que tout le monde soit assuré. Lors du séisme de Kobé, seuls 3 % des particuliers étaient assurés contre le risque de tremblement de terre (Abrassart E., 1997). La question de l'assurabilité ou la non-assurabilité est centrale dans le problème de la gestion des risques d'origine naturelle. On note tout de même sur le long terme une tendance à la prise en charge de la gestion des risques par les assureurs, s'accommodant d'une forte intervention de l'Etat. La grêle sur récolte a été longtemps le seul risque naturel assurable par le marché libre. La tempête est venue la rejoindre en 1984 pour certaines cultures. La principale règle d'assurabilité d'un risque est la dispersion des sinistres : dispersion économique (beaucoup d'assurés) et géographique (pas de concentration de capitaux susceptibles d'être emportés par un seul sinistre). La seconde règle d'assurabilité est la mesure du risque nécessaire à une tarification géographique. La gestion actuelle du risque-grêle est le fruit d'une longue évolution historique. L'affinage des garanties et la patiente collecte de statistiques de sinistres a garanti la viabilité actuelle de la gestion d'un risque climatique aussi variable dans le temps et dans l'espace que la grêle. Si d'autres risques doivent se révéler assurables, ils devront suivre le cheminement historique de l'assurance-grêle.

⁵³ bénéficiant de la Dotation Jeune Agriculteur.

On observe d'ailleurs des similitudes entre les débuts de l'assurance-grêle, il y a deux siècles, et les tentatives actuelles de mise en place d'assurance-gel sur récolte.

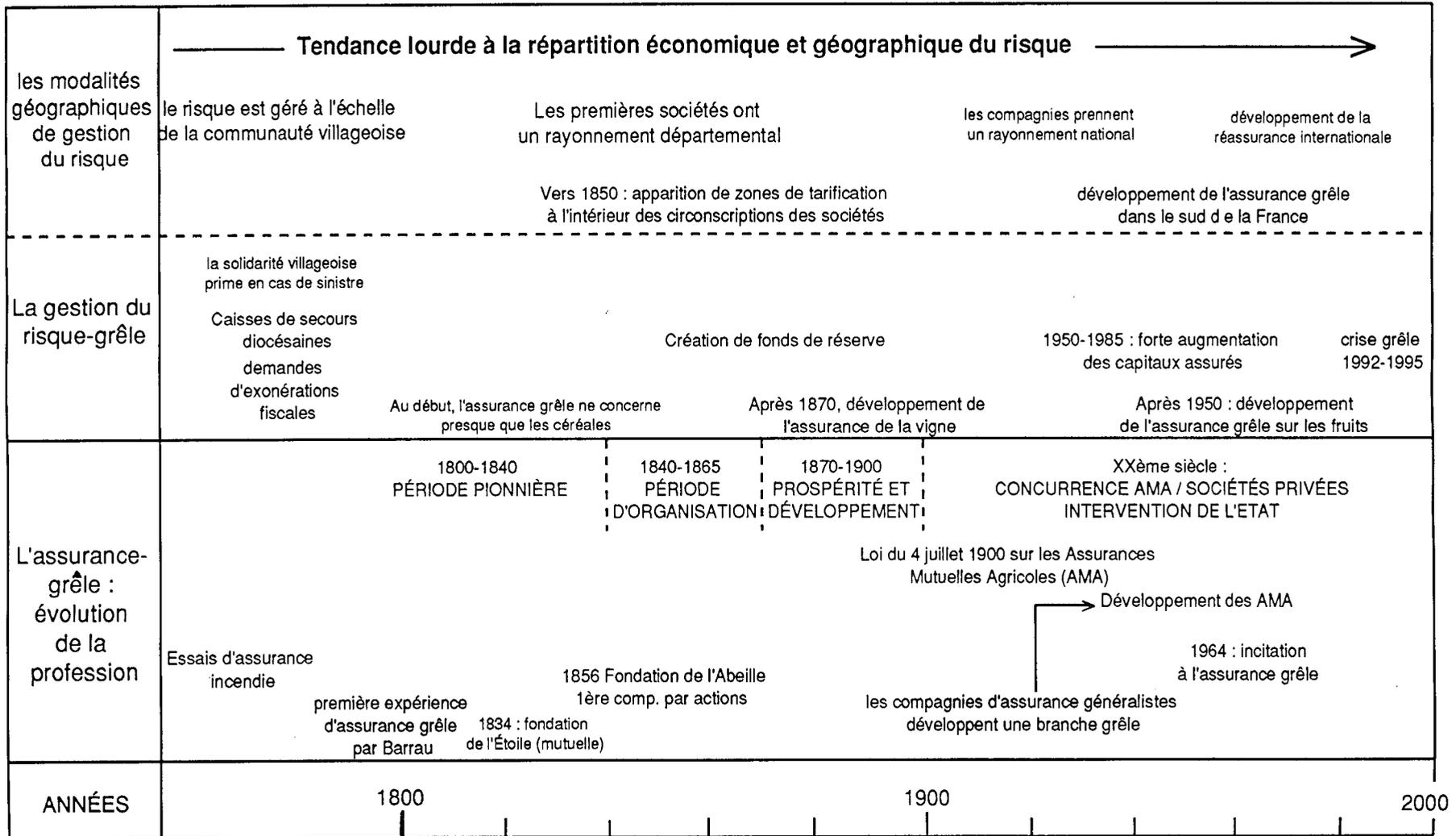
2- La mise en place et l'évolution de l'assurance-grêle sur récolte depuis le XIX^{ème} siècle

L'assurance est le plus ancien mode de prise en charge des fléaux atmosphériques à l'échelle nationale. La grêle a été l'un des premiers risques assurés après le risque incendie. Pourtant, le développement de l'assurance telle qu'on la connaît actuellement a pris du temps. Ce n'est pas tant le principe de l'assurance (paiement d'une prime contre une garantie) qui a évolué que le système assurantiel dans son ensemble, s'adaptant à l'évolution du risque-objet et aux changements d'échelle spatiale dans la prise en charge du risque. On est passé, en deux siècles, d'une prise en charge de la grêle à l'échelle locale au système actuel largement en prise avec le contexte international (figure 31).

2.1- Les conditions nécessaires à l'apparition de l'assurance

2.1.1- La perception de la grêle est un obstacle au développement de l'assurance

Avant la fin du XVIII^{ème}, il n'existe pas à proprement parler d'assurance contre la grêle en France. "L'assurance apparaît en effet comme un phénomène de civilisation lié aux nouvelles conditions de vie des pays urbanisés et industrialisés au cours des deux derniers siècles" (Lambert-Faivre Y., 1995). Ce n'est pas que la grêle fût absente des préoccupations des sociétés de l'époque. Une enquête menée sur les catastrophes naturelles à l'époque moderne dans les Pyrénées occidentales (Desplat Ch., 1995) montre que par sa brutalité, sa soudaineté et sa violence parfois, la grêle est le fléau atmosphérique le plus craint des agriculteurs. Dans une société vulnérable, où l'économie repose à 80 % sur les productions agricoles, les fléaux atmosphériques sont redoutés par la population. La grêle a une place particulière parmi ces fléaux. Brutale, imprévisible, très localisée (quelquefois sur une seule exploitation), elle est perçue comme un châtiment divin ou "au mieux" comme un signe annonciateur de malheurs futurs. En témoignent les réactions expiatoires (religieuses ou superstitieuses) des habitants après une chute de grêle de même que les moyens préventifs et défensifs (Chassany J., 1982) employés qui faisaient une part belle aux missions et aux prières. Nul doute que cette perception de la grêle était un obstacle à l'assurance. Nous n'avons aucune preuve de cela, mais nous



F. Vinet

Fig. 31 - Evolution historique de l'assurance-grêle en France depuis le XVIIIème siècle

l'avons pour un risque aujourd'hui couramment assuré qui présente des similitudes par rapport au risque de grêle, à savoir la foudre. R.M. Regnault de Beaucaron (1952) rapporte une tentative d'assurance privée contre ce risque en 1609 dans le Comté d'Oldenbourg en Allemagne occidentale. Les tenanciers de ce Comté étaient invités, moyennant une prime de 1‰ à s'associer contre les incendies provoqués par la "volonté de Dieu". Le Comté refusa son agrément sous prétexte que "la Providence pourrait se laisser tenter".

Il ne nous appartient pas de retracer toute l'histoire des mentalités et de la perception des fléaux naturels. L.Febvre (1956), Delumeau J. et Lequin (1987) ont bien montré qu'un changement s'opère dans les mentalités au XVII^{ème} siècle lorsque l'on passe d'une quête de sécurité spirituelle (Aide-toi le Ciel t'aidera...) à un besoin de sécurité matérielle. L'assurance put se développer lorsque l'intervention divine ne parut plus nécessaire aux hommes pour expliquer des événements dont l'origine était manifestement physique ou humaine.

2.1.2- L'évolution de la société

Outre la perception de la grêle, les obstacles à l'assurance telle que nous la connaissons actuellement étaient inhérents à la société de l'Ancien Régime. Les principes de l'assurance et de l'assurabilité d'un risque comme la grêle exigent des conditions qui n'étaient pas réunies dans la société d'alors. L'entraide en cas de coup dur s'y exerce à l'intérieur de la famille agnatique⁵⁴. Le membre de la famille "sinistré" est pris en charge, soutenu par les autres. Comme le souligne L. Febvre (1956), commentant un article de J. Halpérin (1952) il faut bien distinguer assistance et assurance. Les réseaux de la société d'Ancien Régime portent assistance aux sinistrés. Ils les aident pendant le coup dur, mais cette aide, cette assistance, est momentanée. L'intérêt de l'assurance est de reconstituer une partie du capital perdu lors du sinistre.

L'ouverture de la société, la dislocation de la famille agnatique détruisent en partie ces réseaux de solidarité rurale. L'urbanisation entraîne une évolution vers l'individualisation et l'anonymat. Cette évolution sociale crée un besoin de sécurité. Le développement des assurances terrestres répond en partie à ce besoin. L'assurance est

⁵⁴ Terme d'Y. Lambert-Faivre qui désigne la famille au sens large. La cellule familiale restreinte telle que nous l'entendons aujourd'hui n'apparaît qu'au XVIII^{ème} ou XIX^{ème} siècle en même temps que le développement urbain.

effectivement l'association de personnes ne se connaissant pas *a priori*⁵⁵, qui mettent leurs moyens en commun pour faire face au malheur de l'un d'entre eux.

Concernant l'assurance des récoltes, Philippe Chalmin (1988, p.13) note que le système de grande propriété féodale absorbait les à-coups mais lorsque la petite propriété se répand⁵⁶, les calamités deviennent insupportables faisant naître une clientèle potentielle pour l'assurance. Il faut bien dire "potentielle" car l'émiettement des anciennes structures socio-économiques ne poussait pas *de facto* des milliers de clients dans les bras de l'assurance. Encore eût-il fallu que ceux-là fussent quelque peu argentés.

2.1.3- L'assurance est inhérente à l'économie capitaliste

Les conditions économiques empêchaient tout bonnement le développement des assurances. La solvabilité aléatoire et les pressions financières pesant déjà sur les paysans empêchaient nombre d'entre eux de payer une prime **chaque année**. De plus, l'assurance exige une répartition du risque sur un grand nombre de personnes donc sur un territoire relativement vaste. L'absence de moyens de communication rapide était un obstacle à la constitution d'assurances agricoles efficaces et viables. Enfin, le besoin d'assurance croît avec le capital. Plus l'on possède de valeurs, plus on est susceptible de vouloir et de pouvoir les assurer. Les premiers agriculteurs assurés contre la grêle furent de gros agriculteurs qui destinaient une partie de leur récolte à la vente. La croissance des marchés urbains a été un ferment favorable au développement de l'assurance.

Les réticences catholiques envers l'argent et la toute puissance d'un Etat centralisateur expliquent sans doute en partie pourquoi l'assurance s'est développée plus tardivement en France que dans les pays protestants de l'Europe du Nord.

2.1.4- Les prémisses de l'assurance-grêle

L'assurance commerciale existait bien sûr avant 1800, notamment sous la forme des compagnies d'assurances maritimes créées dès le XII^{ème}. Ce sont les assurances contre l'incendie qui sont les plus répandues. Elles apparaissent d'abord dans les pays protestants succédant aux "Guildes"⁵⁷ médiévales. En 1684, une compagnie d'assurance

⁵⁵ sauf pour les mutuelles (voir ci-dessous), ce qui sera un obstacle à l'extension spatiale de leurs circonscriptions.

⁵⁶ Jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, les partages successoraux et la disparition des grands domaines morcellent les structures de propriétés et les structures d'exploitation. En France la surface moyenne des exploitations tombe à 2,87 ha en 1884.

⁵⁷ La guilde était une institution d'origine germanique. Ce groupement social intermédiaire entre la communauté villageoise et la famille était placé sous la protection d'un dieu puis d'un saint. Il offrait une

contre l'incendie est créée à Londres. Des "Bureaux des Incendiés" sont mis en place à Paris en 1717... Mais aucune des compagnies créées ne s'occupe de la grêle. Les "malheureux" touchés par la grêle n'avaient qu'un recours : demander aide ou assistance aux autorités, politiques ou religieuses. Ce fut le cas lors des chutes de grêle du 13 juillet 1788 (Dettwiller, 1981).

2.1.4.1- Le recours auprès des autorités politiques

C'est la communauté villageoise qui constituait le premier recours. La solidarité villageoise s'exerçait pour la grêle comme elle pouvait s'appliquer à la pauvreté ou autres fléaux de toutes sortes. "Le village appliquait aux risques naturels les mêmes règles qu'il employait à l'égard des pauvres : chacun les siens" (Desplat Ch., 1995). Lorsque le sinistre était plus grave, la communauté se tournait vers les autorités supérieures, les Etats provinciaux ou le Roi. Les recours consistaient souvent en des demandes d'allègements d'impôts. Christian Desplat (1995) note que, dans le Béarn, les Etats pouvaient accorder des prêts aux communautés ou acheter des semences qu'ils leur distribuaient. Les sinistrés pouvaient aussi espérer une mansuétude fiscale.

2.1.4.2- Les caisses de secours

Sous l'Ancien Régime, les évêques organisèrent des caisses de secours. Ce fut le cas en 1779 à Reims et à Chalons-sur-Marne. Des quêtes alimentaient des fonds de secours contre l'incendie. Ils ne s'agissait plus d'assistance puisque les paroisses qui ne payaient pas étaient exclues des secours. Les excédents des fonds allaient aux accidents ou à la grêle. Ces caisses s'effondrèrent à la Révolution mais réapparurent au début du XIX^{ème} siècle sous la forme de caisses départementales. Elles subirent plusieurs changements de statut pour devenir à la fin du siècle dernier des sociétés d'assurance avec un conseil d'administration nommé par les préfets.

A l'échelle historique, l'apparition de l'assurance terrestre est un phénomène assez récent. Son développement résulte d'une convergence de processus :

- changement des mentalités : la demande de sécurité matérielle remplace la recherche de sécurité spirituelle,

compensation aux familles frappées de malheurs en particulier l'incendie de la maison. (R.M. de Beaucaron, Thèse, 1952).

- changement économique : la monétarisation de la société, la nécessité de protéger les revenus et le capital encourage l'assurance,

- changements sociaux : la rupture des solidarités anciennes, l'urbanisation et l'individualisation renforce le besoin de nouvelles formes de sécurité.

L'assurance au XVIII^{ème} ne concernait pratiquement que le risque-incendie. Le risque-grêle n'intéressa les assureurs qu'au XIX^{ème}. Ce furent les mutuelles qui s'y consacrèrent les premières.

2.2- Les débuts de l'assurance-grêle au XIX^{ème} siècle (1800-1840)

2.2.1- L'expérience de P.B. BARRAU

La première société d'assurance spécifiquement consacrée à la grêle fut fondée en 1797 dans le Mecklembourg. Mais c'est à Pierre-Bernard Barrau que l'on doit d'avoir, en France, fondé la première assurance mutuelle contre la grêle et, surtout, d'avoir théorisé cette pratique.

Le 5 juin 1805, un orage de grêle dévaste l'arrondissement de Muret dans les environs de Toulouse. Alors que de nombreux cultivateurs se lamentaient des dégâts, certains restaient sereins. Ils avaient souscrit une assurance-grêle auprès de la "Société d'assurances réciproques pour les récoltes en pains et en vins contre les ravages de la grêle" fondée par P.B. Barrau le 13 février 1803 à Toulouse. Entre 1803 et 1809, près de 10000 personnes souscrivirent à l'assurance-grêle dans la région toulousaine. Ce succès (pour quelque chose d'inconnu) était en partie dû aux remboursements confortables qu'offrait Barrau aux dépens de sa fortune personnelle. Il dut aussi affronter l'hostilité du gouvernement impérial et le 30 septembre 1809, le conseil d'État, déclara que les statuts de la société "manquaient de développement et d'étendue" et lui enjoignit de cesser ses opérations. Bien que ruiné et déçu, Barrau consigna ses expériences et ses conseils dans un ouvrage de 600 pages intitulé : "*Manuel des Propriétaires de toutes les classes, ou Traité des assurances réciproques et mutuelles contre les fléaux et les cas fortuits*" publié en 1816. En 1838, l'Assemblée générale des Directeurs de Mutuelles accorda une pension viagère pour venir en aide au "vénérable créateur des assurances mutuelles"⁵⁸.

2.2.2- Le développement des assurances sous la Restauration

⁵⁸ in *Centenaire de la Réunion des organismes d'assurance mutuelle de France*, Paris, 1955, p. 20.

Forts des enseignements de Barrau et du soutien du nouveau pouvoir, l'assurance mutuelle prit son essor véritable à partir de 1816. Cet essor concernait plusieurs risques et surtout le risque incendie. L'assurance-grêle se développa de plusieurs façons. Dans un premier temps, ce furent les mutuelles pratiquant l'assurance-incendie qui se mirent à pratiquer la garantie grêle. Puis, des mutuelles spécialisées dans le risque-grêle apparurent surtout dans le Bassin parisien et le Sud-Ouest : la Cérés en 1823, la Société de Toulouse en 1826 ; la Mutuelle de Seine-et-Marne en 1829 ; l'Étoile en 1834... Les Compagnies par actions pratiquèrent avec prudence ce risque encore mal connu. La première société par actions uniquement tournée vers la grêle n'apparut qu'en 1856 (l'Abeille). Entre 1821 et 1892, on a compté pas moins de 76 créations de mutuelles grêle aux noms rassurants (l'Association fraternelle, la Prévoyante) souvent poétiques (La Ruche, l'Arc-en-Ciel) mais parfois menaçants (l'Ouragan). Le rayonnement de ces mutuelles n'était, la plupart du temps, pas assez vaste (moins d'un département quelquefois) pour faire face à la variabilité du risque-grêle. Sur les 76, seulement 20 ont fonctionné plus de cinq ans.

2.3- La consolidation de l'assurance-grêle en France (1840-1900)

Après la période "pionnière" de mise en place des assurances contre la grêle, la deuxième moitié du XIX^{ème} est une période de consolidation. Les compagnies et les mutuelles connaissent de mieux en mieux ce risque et en adaptent la gestion.

2.3.1- Les aspects géographiques de la gestion du risque-grêle

2.3.1.1- Les cultures assurées

Au XIX^{ème} siècle, ce sont les céréales qui forment la plus grande partie (plus de 80%) du portefeuille de l'assurance-grêle. Cette part des céréales est restée forte jusque vers 1950. La forte propension des agriculteurs à assurer les céréales s'explique aisément. Le facteur symbolique est déterminant surtout chez les petits agriculteurs. Le blé est, au XIX^{ème} siècle, la nourriture de base. Il paraît logique d'assurer d'abord la plante qui est à la base de l'alimentation. Le facteur économique intervient en second lieu. Alors que beaucoup de cultures sont encore destinées à l'autoconsommation, les céréales sont commercialisées, surtout dans le Bassin parisien où elles servent à l'alimentation des villes. L'assurance-grêle vient en garantie de revenu pour les agriculteurs qui s'intègrent dans l'économie marchande. Les céréales constituaient les récoltes dites de première classe. Les assureurs maîtrisèrent assez rapidement ce risque. Les compagnies

spécialisées dans la garantie-grêle sur vigne n'apparurent qu'à la fin du siècle : La Viticole et La Vinicole en 1887, La Vigne en 1889...

2.3.1.2- La géographie des cultures assurées

On ne dispose pas de chiffre sur la répartition spatiale des cultures assurées au XIX^{ème} mais la localisation des assureurs-grêle montre que c'est le Bassin parisien qui recueillait l'attention de ces derniers. Sur les cinq mutuelles d'assurance-grêle créées dans les années 1820-1840, quatre le furent dans le Bassin parisien (la Cérés en 1823, la Mutuelle de Seine-et-Marne en 1829, l'Étoile (carte 56) et la Versaillaise en 1834) auxquelles il faut ajouter la Beauceronne-Vexinoise en 1850. Seule la Société de Toulouse (1826) n'est pas centrée sur l'Ile-de-France. Le Bassin parisien n'est pas l'espace le plus grêlé mais il s'y développe une agriculture marchande et solvable. Dans le cadre de compagnies à rayonnement départemental ou régional, c'est l'existence d'un marché et non l'intensité du fléau qui a déterminé au départ la répartition spatiale de l'assurance-grêle. D'autres facteurs ont pu jouer, comme les pratiques communautaires des pays d'openfield, la constitution de mutuelles d'assistance relevant de décisions individuelles fortement empreintes de nécessité collective.

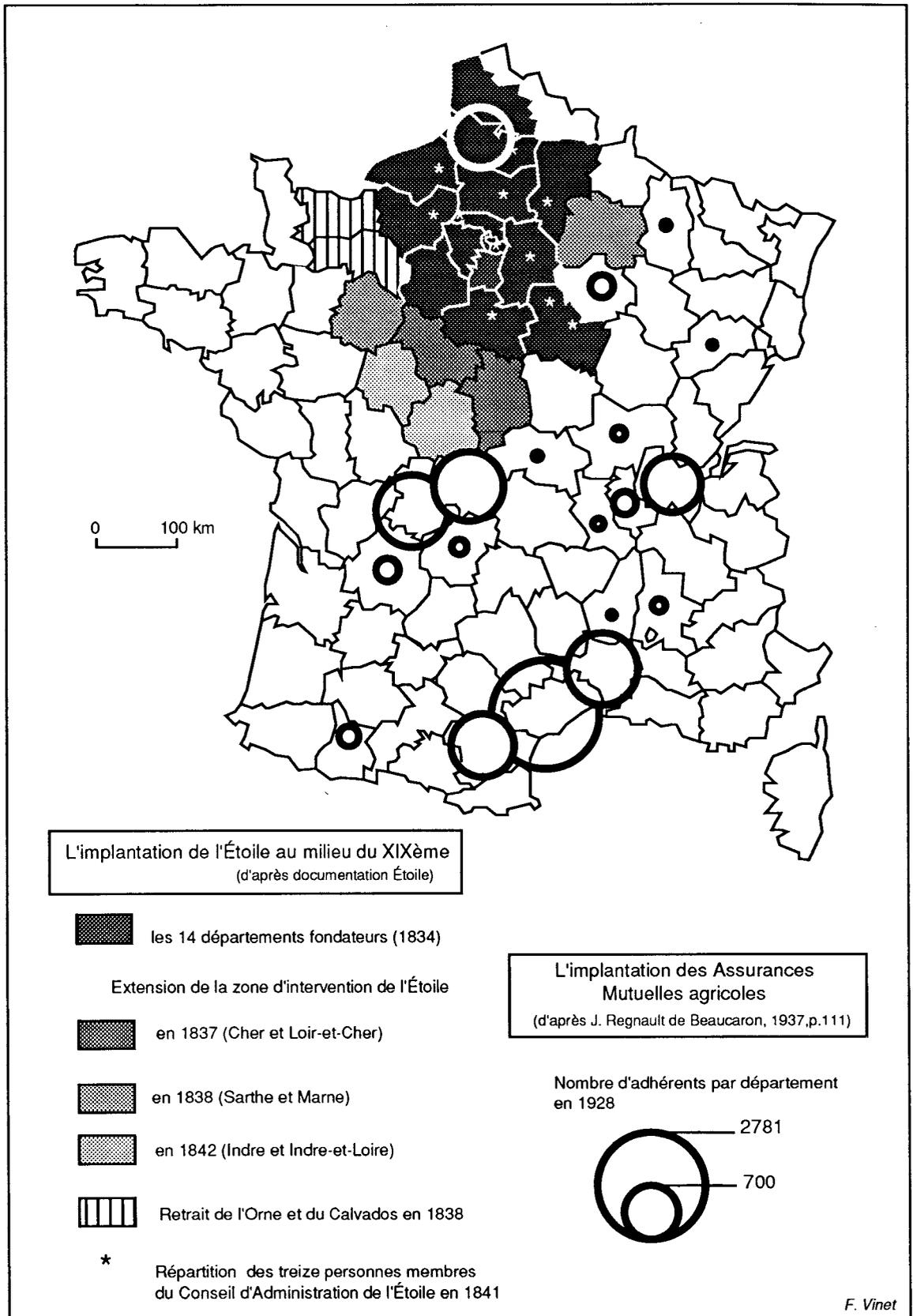
La clientèle de l'Étoile est constituée essentiellement de grands propriétaires. Le nombre d'assurés passe de 645 en 1834 à 5881 en 1839. La progression se fait moins forte par la suite (7000 assurés en 1872). La logique du recrutement spatial des assurés est bâtie autour d'un réseau de personnalités choisies avec soin dans chaque département :

- la famille des Regnault de Beaucaron issue des confins de la Bourgogne et de la Champagne est venue s'installer dans l'Oise.

- les Delacour, membres du conseil d'administration de père en fils depuis 1836, sont une grande famille du Vexin.

Les départements "fondateurs" couvrent le Bassin parisien (carte 56). Après quelques années, l'Étoile s'étend vers le Val-de-Loire mais abandonne le Calvados et l'Orne où "il y avait peu de chances de se développer⁵⁹" (peu de grêle, peu de cultures rémunératrices). L'Étoile dut attendre avant de s'étendre vers la Lorraine ou le Nord, le Pouvoir étant hostile au développement spatial des mutuelles.

⁵⁹ *Cent cinquantième de l'Étoile*, Paris, 1987, 2^{ème} éd., p. 10



Carte 56 - Implantation de l'assurance-grêle en France au XIXème et début du XXème : l'exemple de l'Étoile et des Assurances Mutuelles Agricoles

La répartition des membres du conseil d'administration montre bien ce souci de se ménager des appuis dans tous les départements, voire dans les départements "intégrables" comme l'Aube ou le Nord⁶⁰.

2.3.2- Les réformes de structure

Peu à peu se sont établies les règles de viabilité de l'assurance d'un risque aussi particulier que la grêle. Le problème majeur pour les assureurs est de répartir le risque dans le temps et dans l'espace. Ce problème gênait plus les mutuelles que les compagnies par actions car leurs statuts initiaux étaient en contradiction avec la spécificité du risque-grêle.

2.3.2.1- Les obstacles à la gestion du risque-grêle

Sans entrer dans le détail de ces statuts, il faut retenir deux principes qui ont une importance majeure pour la gestion du risque-grêle.

-Tous les cotisants d'une mutuelle sont censés se connaître entre eux et au nom de l'égalité entre les membres, l'espace couvert par une société mutuelle ne doit constituer qu'une seule circonscription (donc une seule tarification).

-Après le règlement des sinistres, la mutuelle doit répartir les fonds restant à la fin de chaque exercice entre les membres cotisants.

Le premier principe s'oppose à une extension spatiale des sociétés d'assurance mutuelle qui est rapidement apparue nécessaire pour répartir les risques. Le second principe empêchait les mutuelles de constituer des fonds de réserve. Après quelques années d'exercice, ces fonds de réserve s'imposaient comme un instrument de régulation de la variabilité du risque-grêle. L'absence de fonds de réserve entraînait de fortes variations interannuelles de cotisations et obligeait les assureurs à payer quelquefois de leurs propres deniers une campagne très grêlifère⁶¹.

2.3.2.2- L'amélioration de la gestion du risque : les éléments spécifiques de la gestion du risque-grêle

Jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle, l'Etat s'oppose aux modifications statutaires demandées par les mutuelles. Peu à peu, le pouvoir va accorder des concessions face à la

⁶⁰ C'est ainsi que l'Étoile avait obtenu l'accord du préfet du Nord pour l'extension de sa circonscription à ce département, mais le Ministre refusa cette extension (*Centenaire de la Réunion des organismes d'assurance mutuelle de France*, Paris, 1955, p. 21.).

⁶¹ Ce fut le cas de Chéreau, fondateur de l'Étoile, dans les premières années de sa société.

pression des sociétés. C'est le cas lorsqu'une ordonnance royale de 1847 accorde à la société l'Étoile de fonctionner sous le régime des circonscriptions.

Ceci est une étape importante dans la gestion du risque. Contrairement aux incendies par exemple, la grêle est un risque très variable dans le temps et l'espace. Cette répartition en circonscriptions était demandée dès 1843 par le directeur des assurances l'Étoile soit 10 ans à peine après la fondation de la société. Edme-Nicolas Regnault de Beaucaron estimait alors que "compte tenu de la variation des risques" et "dans le souci de calculer au mieux le montant des cotisations", il faut mettre en place "la division en circonscriptions particulières"⁶². Même si nous ne disposons pas de chiffres permettant d'apprécier la répartition spatiale de l'intensité de la grêle au XIX^{ème}, cette demande prouve qu'en moins de dix ans - grâce aussi à l'expérience accumulée par les autres sociétés plus anciennes- les assureurs avaient un aperçu de la variabilité spatiale du risque-grêle. Au fur et à mesure de la diffusion de l'assurance-grêle, les considérations spatiales prennent le pas sur la recherche de clients solvables⁶³ dans la gestion du risque-grêle.

La constitution de fonds de réserve fut partiellement accordée aux mutuelles en 1856, complètement en 1868 ⁶⁴.

Les sociétés qui avaient à l'époque des circonscriptions limitées, étaient à la merci d'une violente et massive averse de grêle qui pouvait toucher une bonne partie d'un département. Une autre garantie face à la gravité des sinistres fut la mise en place de la coassurance⁶⁵. Ce droit fut refusé pendant longtemps par le conseil d'Etat. Sous la pression des directeurs de sociétés regroupés dès 1855 dans la "Réunion des directeurs mutualistes de France", le Conseil d'État cède sur le principe en 1859. La coassurance fut mise en place en 1864 pour l'incendie, plus tard pour le risque-grêle.

2.3.3- Le rôle grandissant de l'État

Le rôle de l'État fut marqué au XIX^{ème} siècle par une augmentation de la réglementation comme l'ont montré les mesures évoquées ci-dessus, et par des velléités interventionnistes en matière d'assurance agricole.

De 1848 datent les premiers projets de création d'assurances agricoles gérées par l'Etat. Louis Blanc, secrétaire du gouvernement provisoire de la République, proposa la création d'une Caisse Nationale d'assurance dont les structures se calqueraient sur celles

⁶² *Cent cinquantième de l'Étoile*, Paris, 1987, 2^{ème} éd., p. 13

⁶³ Alors que ceci était primordial au début (voir III-1-2)

⁶⁴ in *Centenaire de la Réunion des organismes d'assurance mutuelle de France*, Paris, 1955, p. 40.

⁶⁵ in *Centenaire de la Réunion des organismes d'assurance mutuelle de France*, Paris, 1955, p. 38-40.

de l'Administration. L'assurance eût été obligatoire et les primes perçues par l'administration fiscale. Ce projet ne fut pas mis à exécution.

L'idée réapparut en 1857, soutenue par Napoléon III. En 1858, furent fondées des Caisses d'assurances d'Etat pour le bétail, la grêle et l'incendie sur la base d'une adhésion volontaire des cultivateurs, les maires étant les représentants locaux des caisses. Les caisses échouèrent au bout de quelques années. La Caisse-grêle fut liquidée en 1867 faute d'adhérents et d'une bonne gestion.

Les projets refirent surface sous la III^{ème} République : en 1879, en 1882, en 1890... En 1891, M. Chollet proposa la création d'une Caisse générale d'assurances agricoles pour laquelle l'assurance-grêle eût été obligatoire, le règlement des sinistres dépendant du budget de l'Etat⁶⁶.

La naissance des Caisses mutuelles agricoles, régulées par la loi Viger du 4 juillet 1900, fut perçue par les compagnies et les mutuelles déjà existantes comme une concurrence déloyale.

2.4- Le développement de la concurrence au XX^{ème} siècle : la constitution d'un marché de l'assurance-grêle

2.4.1- La création des Caisses d'assurances agricoles

Les compagnies d'assurances et les "grandes mutuelles" (celles couvrant plusieurs départements voire toute la France) s'intéressaient peu au risque agricole s'attaquant aux risques urbains, en particulier l'incendie. Le seul risque agricole dans lequel elles excellaient était la grêle car pour être efficace, l'assurance-grêle requérait un vaste périmètre. Pour Ph. Chalmin (1987, p.16), "le caractère interrégional de ce type d'assurance lui permettra d'échapper longtemps aux organisations agricoles".

Les associations rurales de secours et d'entraide existaient au moins depuis le Moyen-Age mais elles n'exigeaient pas de paiement préalable. Le coût du sinistre (mort du bétail, incendie des récoltes...) était réparti au prorata des valeurs "assurées" ; c'était la répartition "au marc le franc".

La loi de 1884 sur la liberté d'association syndicale favorisa l'éclosion de nombreuses mutuelles agricoles aux statuts plus ou moins flous. La mortalité du bétail et l'incendie étaient les deux principaux risques couverts par ces mutuelles.

⁶⁶ Pour le détail des propositions, voir J. Regnault de Beaucaron, thèse, 1937, p. 134-138 et Ph. Chalmin, 1988, T1, p. 70-71

2.4.1.1- Statut et organisation

La loi Viger (4 juillet 1900) tenta de clarifier le statut des mutuelles agricoles. Ces mutuelles gérées gratuitement n'étaient pas sous le coup de la loi du 24 juillet 1867 soumettant les Sociétés d'assurance au contrôle de l'Etat. La loi Viger leur confirmait certaines immunités fiscales et leur ouvrait droit à des prêts du Crédit Agricole et des subventions ministérielles.

La Réunion des organismes d'assurance privée réagit assez sèchement face à ce qu'elle considérait comme de la concurrence déloyale. Dans ses Assemblées de 1903, 1904, 1905..., cette organisation recommandait à ses membres de ne pas réassurer ces Sociétés⁶⁷.

Peu à peu, par le mécanisme de la réassurance, les mutuelles agricoles s'organisèrent en trois niveaux : le niveau des caisses locales (souvent la commune ou le canton), celui des caisses "régionales" (département le plus souvent) et enfin l'échelon national. Pour ce dernier, il existait depuis le début du XIX^{ème} deux organisations : les Caisses Nationales d'Assurances Mutuelles Agricoles (AMA) sises au Boulevard Saint-Germain et proche des Républicains laïcs et la Caisse Centrale des Assurances Mutuelles Agricoles tenue par les milieux catholiques et aristocratiques. Ces deux organisations parallèles et concurrentes furent réunies en 1941. Elles formaient ce qui allait devenir en 1970 Groupama.

2.4.1.2- Implantation géographique des Assurances Mutuelles Agricoles

L'organisation à trois échelles des AMA n'était pas adaptée au risque-grêle. Il n'existait pas de caisse "grêle" à l'échelon local. Les AMA ne se lancèrent véritablement dans le risque-grêle qu'après avoir solidement éprouvé leur structure nationale (nécessaire à la répartition d'un risque très variable). Les caisses-grêle se répandirent à partir de 1920. Les débuts furent d'ailleurs assez périlleux dans certaines régions très grêlées⁶⁸. Les caisses locales d'assurances agricoles s'implantèrent évidemment dans les départements où les mutuelles et les compagnies par actions déjà existantes étaient peu représentées (carte 56 p.324). C'est ainsi que les "recrutements" furent plus nombreux dans le sud de la France et quelques départements sur les marges des circonscriptions des compagnies déjà existantes (Somme et Aube autour du Bassin parisien, Corrèze et Haute-Vienne entre les Bassins aquitain et parisien, Caisse du Midi formée de l'Hérault, l'Aude et le Gard).

⁶⁷ in *Centenaire de la Réunion des organismes d'assurance mutuelle de France*, Paris, 1955, p. 38-40.

⁶⁸ voir à ce propos les déboires de la Caisse du Midi dans Chalmin Ph., 1988, T1, p. 374

L'Afrique du Nord est un cas intéressant de forte implantation de l'assurance-grêle agricole au début du siècle. Jusqu'à l'indépendance, les cotisations-grêle forment l'encaissement principal de la caisse centrale des AMA algérienne (724 millions de FF contre 590 millions pour l'incendie en 1957). Ce succès de l'assurance-grêle en Algérie s'explique par les structures agraires : peu d'élevage, grandes propriétés consacrées à des cultures de rente (céréales, vigne...) exploitées par des entrepreneurs au fait des méthodes de gestion... Après l'indépendance, les caisses AMA furent rapatriées en France. Sans qu'il ait eu fusion avec les caisses françaises, ce furent 180 employés qui furent reclassés dans les caisses régionales ou centrale française, surtout dans le Midi. Par ailleurs, les "Pieds-Noirs" introduirent en France leurs méthodes de gestion agricole. Ils jouèrent un rôle essentiel dans le développement des vergers dans les départements du sud de la France. Ceci explique en partie la forte implantation actuelle de Groupama dans l'assurance-grêle sur récolte en Vallée du Rhône.

2.4.2- 1920-1940 : les difficultés de l'après-guerre

La Première Guerre Mondiale a fortement désorganisé le marché de l'assurance-grêle. En période de difficulté, l'assurance est l'une des premières dépenses supprimée par les agriculteurs. L'augmentation des capitaux assurés est très forte dans les années vingt mais elle s'explique surtout par la hausse des prix et la dévaluation du franc. Ce contexte suscite l'ouverture par des compagnies d'assurance d'une branche-grêle, ce que firent en 1919, L'Union ; en 1921, La Nationale, La Compagnie d'Assurances générales, La Prévoyance, Le Soleil, L'Aigle... Ces créations prouvent que les compagnies ont confiance en ce risque agricole et donc que sa gestion est arrivée à une certaine maturité.

Dans les années trente, malgré la crise économique, la somme des valeurs assurées diminue moins vite que le prix du blé qui est la principale culture assurée, ce qui fait écrire à J. Regnault de Beaucaron (1937 p. 84): "A l'heure actuelle, sans dire que l'assurance-grêle est arrivée à son maximum, on constate malgré tout qu'elle a touché la presque totalité des agriculteurs. Si certains ne sont pas assurés, une des principales raisons doit être l'absence de chutes de grêle dans leur région."

2.4.3- L'aide de l'État

La loi de finances du 31 mars 1932 mit en place un système d'aide à l'assurance-grêle et une caisse de solidarité contre les calamités agricoles. Ces mesures préfiguraient celles mises en place dans la loi du 10 juillet 1964.

* Les aides à l'assurance étaient en fait des subventions allouées aux agriculteurs sous la forme d'une part contributive de l'État à la prime d'assurance. Tous les agriculteurs ne bénéficiaient pas de cette subvention. Les conditions d'attribution étaient les suivantes :

- souscrire une assurance-grêle.
- revenu imposable inférieur à 30 000 FF
- que l'exploitation soit située sur un territoire particulièrement exposé au risque-grêle (Tous les trois ans, un décret fixait les communes considérées comme exposées au risque).

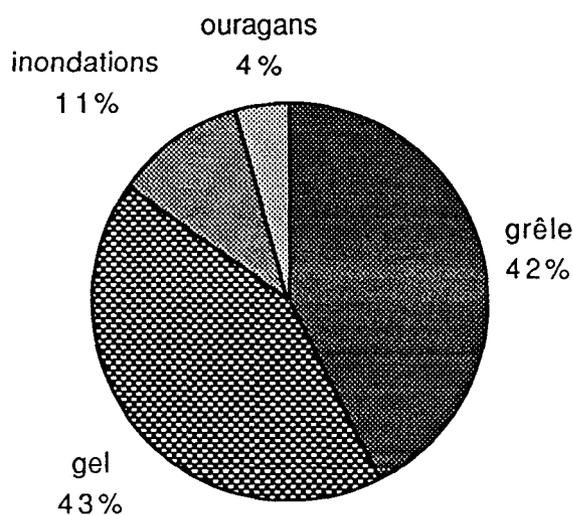
La subvention était établie en un pourcentage du capital assuré fixé pour chaque classe et chaque catégorie de culture (Regnault de Beaucaron, 1937, p.120).

* La Caisse de solidarité des calamités agricoles instituée par la loi de 1932 avait pour but d'attribuer des allocations aux agriculteurs en cas de gel, inondation et ouragan. Les agriculteurs victimes de la grêle et non-assurés pouvait bénéficier des allocations de la caisse sous certaines conditions. Pour ce dernier risque, les allocations étaient prévues sur cinq ans (1935 jusqu'à 1938) avec chaque année une réduction d'1/5^{ème} de ces allocations. Ce délai de 5 ans devait permettre aux agriculteurs qui ne l'étaient pas encore de s'assurer contre la grêle.

Ces mesures confirment une nouvelle fois que l'assurance-grêle arrive à maturité dans les années trente puisque l'État n'inclut la grêle dans les calamités agricoles qu'à titre transitoire. Par ailleurs, l'établissement des catégories et des classes de cultures servant de base aux parts contributives montre que le risque est de mieux en mieux cerné. Il montre aussi que les cultures ont des vulnérabilités très différentes face à la grêle. L'arrêté du 13 août 1933 fixait les limites entre lesquelles les taux de primes ou de cotisations pouvaient varier de 3 % (limite inférieure pour blé) et 21 % (Cultures fruitières et florales).

Pourtant, entre 1933 et 1935, 42 % des versements de la Caisse de solidarité des calamités allaient aux sinistres-grêle à égalité avec le gel (figure 32). Cela prouve la demande voire la nécessité d'une intervention publique dans la prise en charge de ce risque, principe que reprit la loi de 1964 instituant l'incitation à l'assurance-grêle.

Fig. 32 - Répartition des indemnités versées en 1933-34-35 par la Caisse de solidarité des calamités agricoles



(d'après Millot R.H., 1969, reprenant la revue des chambres d'agriculture du 1/9/67. Rapport de M.C.Laurens au Conseil économique et social. Séance du 7/6/1961)

La relance de l'assurance-grêle à partir des années cinquante s'est fait par l'apparition de nouveaux risques (vergers) et des restructurations dans le milieu de l'assurance.

2.5- L'assurance-grêle après la Seconde Guerre mondiale

2.5.1- L'évolution du marché de l'assurance

Entre 1950 et 1980, les capitaux assurés sont en augmentation constante. Cette augmentation tient à deux phénomènes : l'orientation productiviste de l'agriculture et le développement des contrats couvrant les pertes de qualité. L'agriculture va achever sa mutation d'une agriculture de production familiale à une agriculture marchande. Désormais, l'agriculture produit exclusivement pour vendre. De nouvelles plantes plus ou moins sensibles à la grêle se développent : colza, maïs... La nécessité de garantir des revenus financiers aux entreprises agricoles encourage l'assurance-grêle.

Mais c'est le problème des fruits qui capte l'attention des assureurs. Les surfaces cultivées augmentent et les exploitations de plus en plus grandes et performantes ont besoin de s'assurer. Les énormes capitaux en jeu sont alléchant pour les assureurs même

si le risque n'est pas très connu. Nous aurons à revenir en détail sur le développement de l'assurance-grêle sur fruit qui fut secouée par la crise du début des années 1990.

En 1950, les compagnies sont un peu démunies face aux contraintes des nouveaux marchés et en particulier la nécessité d'établir des tarifs pour les fruits. Elles ne disposent pas de statistiques encore assez fiables concernant ce risque. La constitution du Pool-grêle (regroupant, entre autres, les compagnies Concorde, Equité, La France et les Mutuelles du Poitou) est une des réponses des compagnies pour gérer les nouveaux risques. D'ailleurs, la tendance générale est au regroupement des compagnies d'assurance.

2.5.2- Les structures de l'assurance

Après la Seconde Guerre Mondiale, les AMA poursuivent leur intégration. Les Caisses se regroupent et la gestion se centralise. Elles étendent leurs compétences aux risques non-agricoles. Déjà soumis en 1983 à la taxe sur les opérations d'assurances, Groupama rejoint le droit commun des sociétés d'assurance et est soumis à partir de 1992 à l'impôt sur les bénéfices des sociétés. En 1997, Groupama était le deuxième assureur français derrière le groupe AXA-UAP et le premier pour les risques agricoles.

Des sociétés se regroupent (L'Étoile absorbe la Société de Toulouse) ou sont affiliées à des grands groupes d'assurance générale (Cérès ---> groupe Azur). C'est la fin des compagnies régionales. Les années 1980-1990 marquent l'apogée de la concurrence entre les assurances privées (regroupées dans l'APSAD⁶⁹) et Groupama, chacun contrôlant à peu près 50 % du marché avec des différences régionales marquées. Malgré les tendances au regroupement, l'assurance-grêle reste assez morcelée puisque 21 sociétés pratiquaient ce type de contrat en 1996. Une des spécificités de l'assurance-grêle sur récolte par rapport aux autres secteurs de l'assurance est d'avoir des sociétés se consacrant exclusivement à la grêle (Abeille, l'Etoile).

Enfin, il faut souligner le poids de plus en plus décisif des sociétés de réassurance. En France, la Caisse centrale de réassurance dépendant de l'Etat et des sociétés privées comme la SCOR sont de petits organismes face aux puissants réassureurs internationaux (Münchener Rück, Suisse Ré., ...). En cas de forte sinistralité, les réassureurs peuvent dicter indirectement leurs conditions aux assureurs qui répercutent en partie ces contraintes sur les assurés.

⁶⁹ Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurance Dommage.

2.5.3- L'incitation à l'assurance

Le troisième facteur qui a marqué le développement de l'assurance-grêle depuis les années soixante est la mise en place grâce à la loi de 1964 sur les calamités agricoles d'un système d'incitation à l'assurance-grêle dont nous avons décrit plus haut les modalités. Cette incitation a favorisé l'augmentation des capitaux assurés mais sa suppression a été aussi au coeur de la crise du début des années 1990. Nous reviendrons aussi, lors de l'étude de cette crise, sur le rôle de l'incitation et les conséquences de sa suppression.

conclusion

L'étude du développement de l'assurance-grêle en France est riche d'enseignement quant à la perception des fléaux naturels par les agriculteurs. **Les évolutions économiques et sociales ont créé les conditions nécessaires à l'apparition de l'assurance.** Née dans le **Bassin parisien**, l'assurance d'abord mutualiste, répond à des besoins de garantie de revenu pour l'agriculture commerciale naissante. Ce n'est donc pas l'intensité de la grêle qui a déterminé le besoin d'assurance puisque la grêle est plus présente dans le sud de la France⁷⁰ au moins d'après les cartes actuelles de l'aléa (voir première partie). La gestion du risque - et l'assurance n'est qu'un moyen de gestion du risque-grêle parmi d'autres - dépend dans le cas de la grêle de la demande sociale et des nécessités économiques. **De social, l'enjeu des chutes de grêle est devenu économique voire financier.** La survie de la communauté villageoise n'est plus en cause. Le risque naturel s'est déplacé vers le domaine économique accompagnant ainsi l'évolution de la société occidentale. Il est désormais l'un des paramètres de la gestion des exploitations agricoles. Le risque-grêle est aujourd'hui intégré dans les comptes des exploitations au même titre que la main d'oeuvre ou les cours des produits. **La gestion du risque-grêle a en même temps changé d'échelle spatiale: le lieu de gestion n'est plus le village. Deux échelons l'ont remplacé : l'exploitation agricole et l'échelon national de la communauté des assurés.**

L'assurance dans son éclosion et son développement a enregistré ces changements. Les vicissitudes de l'assurance-grêle font se chevaucher tendances et cycles, permanences et ruptures : tendance lourde à une plus grande **répartition géographique et économique du risque** ; changements dans les cultures assurées et dans l'attitude de

⁷⁰ Il se peut aussi qu'à la fin du Petit Âge Glaciaire, l'instabilité de l'atmosphère fût plus forte qu'actuellement dans le nord de la France. La stationnarité de la répartition spatiale de l'aléa sur cette échelle de temps n'est qu'hypothétique.

l'Etat qui passe de l'hostilité à l'incitation (forcée ?) à l'assurance, **déplacement vers le sud du centre de gravité des espaces assurés...** Permanence dans la collecte des données statistiques qui seules permettent de mesurer le risque et donc de le tarifer.

3- L'assurance-grêle en France en 1996 : la mesure des enjeux

Il ne faut pas confondre la gestion d'un risque par les assurances et l'existence d'un marché. Dans le cas du régime des catastrophes naturelles, les risques couverts sont gérés par les assurances, mais il n'y a pas de marché. C'est la même chose pour le risque-grêle sur bâtiment et véhicule. Seul le risque-grêle sur récolte est libre de souscription et donc soumis au marché avec les conséquences que cela implique : contrat spécifique et non extension de garantie (comme c'est le cas pour les risques "grêle sur bâtiments" ou "grêle sur véhicules"), concurrence entre les compagnies d'assurance, nécessité d'établir des tarifs et donc de mesurer le risque. On dispose pour le risque-grêle sur récolte des statistiques qui n'existent pas pour le risque-grêle sur bâtiments ou véhicule.

La longue et complexe histoire du développement de l'assurance-grêle en France a engendré un morcellement du marché, une diversité des cultures, une répartition régionale de l'assurance qui reflètent l'enjeu actuel du risque-grêle. La répartition géographique des capitaux est la mesure géographique de cet enjeu appelé risque-objet. La mesure des enjeux de la grêle est donc le fait des assureurs. Du fait du secret économique prévalant dans un secteur très concurrentiel, les études concernant le risque-grêle sont peu nombreuses. Nous avons eu accès à certaines données des assureurs qui nous permettront:

- d'étudier la répartition des cultures assurées : quelles sont les cultures les plus assurées, celles qui représentent le plus fort enjeu financier pour les assureurs ?
- d'évaluer le taux de couverture des cultures par l'assurance-grêle en France : quelle est la part des céréales ou des vergers assurée contre les chutes de grêle ?

Nous terminerons par la mise en évidence de la concentration géographique et économique du risque-objet sur quelques départements à forte production fruitière.

3.1- Un morcellement du marché longtemps défavorable à une étude géographique du risque

Vingt-cinq sociétés pratiquent l'assurance-grêle sur récolte en France en 1998. Le marché est partagé entre les mutuelles de Groupama et les assurances "privées"

regroupées au sein de l'APSAD. Chacun de ces deux pôles couvre à peu près 50 % du marché. Nous avons collecté jusqu'en 1996 auprès de ces deux organismes concurrents des données qui permettent d'étudier la répartition géographique du risque-grêle en France. Pour chacun des deux organismes, on dispose de deux fichiers : un fichier "Garanties" et un fichier "Sinistres". Le premier regroupe les caractéristiques, plus ou moins détaillées, des contrats d'assurance passés entre le client⁷¹ et la compagnie. Le second récapitule les données concernant les sinistres grêle : montant des indemnisations, surfaces touchées parfois. Les données sont, selon les sources, assez différentes dans leur degré de précision et leur fiabilité (tableau 33) .

Il faut dire aussi que les progrès de l'informatisation favorisent la collecte et la conservation des données statistiques. L'informatisation est déjà ancienne dans les sociétés d'assurance (dès le début des années soixante-dix pour Groupama central) et le passage d'un système de gestion informatique à l'autre a pu expliquer parfois la perte de certaines années.

Nous allons détailler les informations contenues dans les fichiers statistiques qui nous ont été fournis par les assureurs-grêle en France. Chaque compagnie a des impératifs commerciaux, des stratégies de communication sur lesquelles nous ne pouvons intervenir et qui ont peut-être conditionné l'accès ou non à certaines données. Le but de cette présentation des sources statistiques est d'établir clairement les paramètres que nous pourrions utiliser par la suite pour l'étude géographique du risque-objet et des dommages de la grêle.

⁷¹ La rhétorique mutualiste préconise "adhérent" ou "mutualiste"

3.1.1- Les données des fichiers Groupama

3.1.1.1- La collecte des données

Les données Groupama sont disponibles depuis 1971 pour certains départements. Jusqu'en 1993, nous ne disposons que d'une vingtaine de départements. Les séries ne

Tableau 33 - Les données de l'assurance disponibles

fichier	données disponibles	espace couvert	années disponibles	observations
Groupama "Garanties"	- capitaux assurés - surfaces assurées - cotisations	-une vingtaine de départements de l'est et du sud de la France	1971-1980 puis 1982-1993 avec interruption pour certains départements	Jusqu'en 1993 pas de cohérence systématique entre les fichiers "Garanties" et les fichiers "Sinistres"
		- Tous départements français	1994-1996	
Groupama "Sinistres"	indemnisations versées	-une vingtaine de départements de l'est et du sud de la France	1971-1980 puis 1982-1993 avec interruption pour certains départements	-Les fichiers contiennent des simulations sur le coût des franchises
		- Tous départements français	1994-1996	
APSAD "Garanties"	capitaux assurés	Tous départements français	1982-1996	
APSAD "Sinistres"	indemnisations versées	Tous départements français	1982-1996	

sont complètes que pour quelques-uns d'entre eux. Cette carence en information s'explique par la tradition d'autonomie voire d'indépendance de gestion des caisses régionales de Groupama. Longtemps, l'échelon national de Groupama n'a été qu'un réassureur pour les caisses régionales. Ces dernières menaient elles-mêmes leur gestion une gestion qui avait d'abord un objectif comptable. Est important pour l'assureur l'équilibre financier de la branche c'est-à-dire la nécessaire compensation entre les cotisations (ou les primes) encaissées et les indemnités payées. Les caisses régionales de

cotisations (ou les primes) encaissées et les indemnités payées. Les caisses régionales de Groupama n'estimaient pas nécessaire de transmettre leurs chiffres à l'échelon national. L'absence de transmission d'information n'a pas nui à la gestion du risque dans les caisses. En revanche, ce fut un obstacle à l'étude du risque-grêle à l'échelle nationale, un obstacle à une vision géographique claire du problème de la grêle comme nous le verrons par la suite. À partir de 1994, les données concernent presque tous les départements. La collecte des données au niveau de Groupama central s'est améliorée avec l'adhésion de l'entreprise à la Fédération Française des Sociétés d'Assurance (FFSA) en 1996.

Les fichiers "Garanties" contiennent des informations sur les capitaux assurés⁷² et les surfaces assurées correspondantes par classe (de 1 à 9) et sur les cotisations payées par les assurés. Ce fichier est issu des déclarations d'assolement et des contrats signés ou reconduits tacitement au printemps par les assurés.

Les fichiers "Sinistres" contiennent des informations sur les indemnisations versées aux agriculteurs touchés par la grêle.

3.1.1.2- Intérêts et limites des données Groupama

L'avantage des fichiers "garanties" et "sinistres" de Groupama est leur degré de détail et leur transparence. Les fichiers, parfois volumineux, nous ont été livrés à l'état brut. Nous avons donc pu effectuer à notre guise de nombreux calculs en étroite relation avec les responsables de la collecte de ces données. Notre contact a été aussi excellent avec les responsables des services "grêle" des caisses régionales de Groupama auprès de qui nous avons effectué moult vérifications.

Les fichiers ont en général une cohérence interne, c'est-à-dire que pour le fichier "Garantie" les surfaces mentionnées correspondent aux capitaux annoncés. En revanche, jusqu'en 1993, dans quelques départements, les deux fichiers "Garanties" et "Sinistres" ne sont pas toujours cohérents entre eux. Les indemnisations annoncées peuvent être supérieures aux capitaux assurés, ce qui est théoriquement impossible. Ceci peut s'expliquer par le fait que les deux fichiers ne dépendent pas des mêmes services et ne sont pas transmis à Groupama central dans les mêmes conditions. Seule, une partie des capitaux ou des sinistres est transmise. Il nous a été difficile d'exploiter les chiffres d'avant 1994 sauf sur certains points.

⁷² pour le vocabulaire de l'assurance voir chap. 5 ou glossaire

3.1.2- Les données des fichiers APSAD

3.1.2.1- Contenu des fichiers (tableau 33)

Le fichier "Garanties" de l'APSAD contient les capitaux assurés (sans les surfaces) par département pour trois grandes classes de cultures :

- grande classe "céréales et assimilés" qui regroupe les classes 1, 2 et 3 (voir détail des classes en annexe 6)
- grande classe "vigne" qui correspond à la classe 4.
- grande classe "cultures fragiles" ou "fruit et assimilés" qui rassemble les chiffres des classes 5 à 9

Le fichier "Sinistres" contient les indemnisations (franchises déduites) versées aux agriculteurs par département pour les grandes classes énumérées ci-dessus.

Les deux fichiers couvrent la période 1982-1996.

3.1.2.2- Intérêt et limites des données APSAD

Comme nous l'avons décrit plus haut, l'APSAD représente et défend les intérêts de nombreuses compagnies d'assurance (une vingtaine pour les assureurs-grêle). Les fichiers APSAD sont moins détaillés et donc moins transparents que ceux de Groupama. Par ailleurs, la vérification des chiffres à la source est pratiquement impossible tant les compagnies sont nombreuses. Nous avons eu des contacts à l'occasion avec les représentants de l'Étoile et de l'Abeille, deux compagnies spécialisées dans l'assurance-grêle qui représentent chacune 8 à 10 % du marché.

En revanche, malgré quelques incohérences que nous avons détectées et signalées à défaut de pouvoir les corriger, les fichiers sont complets et cohérents (adéquation entre les informations "Garanties" et les informations "Sinistres"). Tous les départements sont renseignés entre 1982 et 1996.

3.1.3- Conclusions en vue de l'utilisation des sources d'information sur l'assurance

Les deux pôles Groupama et APSAD se partagent à égalité le marché de l'assurance-grêle. Les données que nous avons recueillies couvrent donc la totalité du marché en France. L'atomisation du marché de l'assurance-grêle sur récolte (plus de vingt compagnies), l'indépendance des caisses régionales et les difficultés de la centralisation à

Groupama ont longtemps fait obstacle à une étude générale du risque-grêle et de sa gestion en France⁷³.

Avant 1994, l'intégration des données de Groupama a été difficile car de nombreux départements et années sont manquants. À partir de 1994, les fichiers Groupama contiennent les données pour tous les départements ; nous avons pu alors utiliser conjointement les données APSAD et Groupama. Le degré de détail des renseignements fournis par Groupama a permis de mettre au point des traitements (reconstitution des capitaux assurés par hectare, montant des franchises déduites des sinistres...) qui ont ensuite été appliqués aux données APSAD. Au milieu des années quatre-vingt-dix, on a une assez bonne vision de la répartition du marché de l'assurance-grêle entre les compagnies et de la répartition géographique des cultures assurées.

3.2- La répartition du marché de l'assurance

La répartition des capitaux assurés, c'est-à-dire de la valeur des récoltes couvertes par l'assurance n'est pas homogène.

3.2.1- Entre les compagnies

Comme nous l'avons déjà dit, le marché de l'assurance-grêle est approximativement partagé pour moitié entre Groupama et les sociétés de l'APSAD (Étoile, Abeille...). Les capitaux assurés s'élèvent respectivement à 24,9 et 23,7 milliards de Francs en 1996 (tableau 34). Sur le plan national, la répartition des capitaux assurés par grandes classes est grossièrement la même pour les deux ensembles concurrents.

Mais on l'a vu dans l'étude historique, l'implantation géographique profite selon les régions ou le type de culture à l'une ou l'autre des compagnies d'assurance. Groupama est bien implanté dans le Centre-Est et le Sud-Est. Son portefeuille est déséquilibré en faveur des fruits plus présents dans ces régions. La seule comptabilisation des fruits hors légumes et autres cultures fragiles dans la grande classe fruits et assimilés mettrait Groupama en tête. Malheureusement, cette distinction n'a pas été possible. On a vu, en revanche, que les premières sociétés (Étoile et Abeille, entre autres membres de l'APSAD) se sont installées dans les grandes régions céréalières (Bourgogne, Bassins parisien et aquitain).

⁷³ En Suisse, en revanche, la Suisse-grêle (compagnie d'assurance) publie une carte de la fréquence communale des chutes de grêle.

Tableau 34 - La répartition du marché de l'assurance-grêle en France en 1996 (capitaux assurés en milliards de francs)

grandes classes de culture	Groupama	APSAD	Total France
Céréales et assimilées (cl 1 à 3)	18,4	16,4	34,8
Vigne (cl. 4)	4,6	4,99	9,59
Fruits et assimilés (cl. 5 à 9)	1,97	2,26	4,23
Total	24,97	23,65	48,62

Sources : APSAD, Groupama

3.2.2- Entre les cultures

* Les surfaces

En France, ce sont globalement 50 % des cultures (en surface) qui sont assurées contre la grêle. Les céréales et assimilées constituent les plus vastes surfaces assurées (tableau 35 et figure 33) avec plus de 6 600 000 d'hectares couverts en 1996 en France⁷⁴ soit 92,7 % des surfaces agricoles assurées contre la grêle. Dans cet ensemble, on possède le détail de la répartition pour Groupama, soit 50 % du marché, ce qui à l'échelle nationale est assez représentatif. L'ensemble "céréales et assimilées" se partage pour les cultures entre :

- la classe 1 (blé et betteraves à sucre...) = 45 %
- la classe 2 (orge, maïs...) = 30 %
- la classe 3 (oléagineux et protéagineux sauf colza) = 15 %
- + le colza = 10 %

Les vignes viennent loin derrière pour les surfaces avec 345 000 hectares d'assurés (5,2 %) suivi des fruits et assimilés (2,2 % ou 146 000 hectares).

* les capitaux

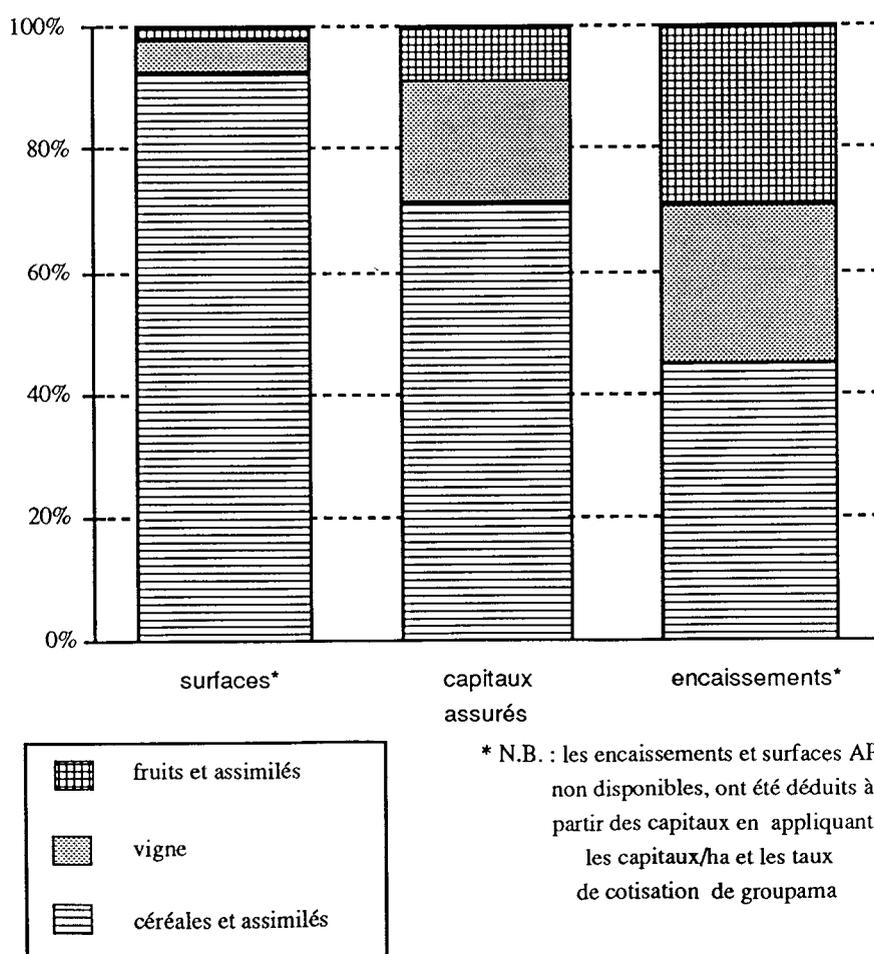
La hiérarchie ne change pas mais les écarts s'atténuent lorsque l'on compare non plus les surfaces mais les capitaux (ou valeurs) assurés. Les céréales et assimilés

⁷⁴ Il s'agit d'une estimation, puisque nous ne disposons pas des données surfaciques de l'Apsad. Nous avons estimé ces dernières en appliquant le capital moyen assuré par hectare de Groupama aux capitaux Apsad pour chaque grande classe de culture.

Tableau 35 - Répartition du marché de l'assurance-grêle par grande classe de culture (1996, toutes compagnies)

grandes classes de culture	surfaces (en ha)	capitaux assurés (en millions de FF)	encaissements (cotisations en millions de FF)
céréales et assimilées	6 634 000	34 790	474,5
vigne	345 000	9 590	272,12
fruits et assimilés	146 000	4 230	310,5
Total	7 125 000	48 610	1057,1

Fig. 33 - Comparaison des surfaces, capitaux assurés et encaissements en France en 1996
(toutes compagnies = 100 % du marché)



Sources : Groupama, APSAD

(protéagineux, oléagineux) forment 71 % des capitaux assurés, suivies de la vigne (20 %) et des fruits et assimilés (maraîchage) avec 9 % (tableau 35 et figure 33). Ces taux sont grossièrement stable d'une année à l'autre mais peuvent varier sur le moyen et long terme. Mais les taux de cotisation appliqués sur les classes de cultures bouleversent cette répartition.

*Les encaissements

Pour les assureurs, c'est la répartition des encaissements qui est essentielle à la gestion du risque. C'est d'elle dont va dépendre l'équilibre et la stabilité des revenus de l'entreprise. N'oublions pas que les soucis majeurs des assureurs sont d'une part de contenir l'équilibre entre encaissements (cotisations ou primes) et règlements (indemnités versées aux agriculteurs) et d'autre part de limiter les variations interannuelles des résultats financiers. Si le portefeuille est trop concentré sur un type de culture, l'assurance peut devenir trop dépendante de la santé économique de cette culture. Au printemps 1991, le gel massif des vignes et des vergers a fait tomber de 20 % les encaissements afférents à ces deux cultures. Nous verrons par la suite (chapitre 8) comment les variations dans la répartition du portefeuille (baisse de la part des céréales, augmentation des fruits) ont pu altérer, pour un temps, l'équilibre des comptes des assureurs.

En 1996, les taux de cotisation moyens pratiqués sur toute la France par Groupama (chiffres non disponibles pour l'APSAD) étaient les suivants :

- grande classe "céréales et assimilés" : 1,36 %
- classe "vigne" : 2,84 %
- grande classe "maraîchage et cultures fragiles" (cl. 5 à 8) : 3,7 %
- classe "fruit" (cl. 9) : 8,9 %

Ainsi, quand on parle non plus de capitaux assurés mais d'encaissements financiers, les cultures fragiles dominent : vigne, fruits et assimilés assuraient 55 % des encaissements des assureurs grêle en 1996 alors qu'ils ne totalisent que 28 % des capitaux assurés et seulement 7,4 % des surfaces. Les céréales et assimilées qui constituent 93 % des surfaces assurées ne forment "que" 72 % des capitaux et contribuent pour "seulement" 45 % aux encaissements des assureurs.

3.2.3- La concentration économique du risque sur les cultures fragiles

Ce qui ressort de la comparaison entre surfaces, capitaux assurés et encaissements, c'est la concentration de l'enjeu sur les cultures fragiles (fruits et, dans une moindre

mesure, les cultures légumières et la vigne). Ceci est dû à la fois à la valeur plus élevée de ces cultures par unité de surface et à leur plus grande fragilité.

3.2.3.1- Les fortes variations de capitaux assurés à l'hectare

Les capitaux à l'hectare sont une bonne mesure de l'enjeu financier et de la concentration des valeurs assurées. Pour les céréales et assimilés, les valeurs assurées à l'hectare oscillent autour de 6000 francs. Cette grande classe est relativement homogène et les valeurs dépassent rarement les 10 000 francs/hectare.

Pour la vigne, les chiffres sont très variables d'une région ou d'un vignoble à l'autre voire entre deux exploitations voisines. Il n'est pas possible de donner un chiffre exact car la valeur assurée à l'hectare n'est pas forcément, à l'échelle de l'exploitation, le reflet de la valeur exacte du produit final. Cela dépend de la formule d'assurance souscrite par le viticulteur. Il peut assurer la totalité du produit final, voire en surévaluer la valeur ou simplement opter pour une assurance lui garantissant un "revenu minimum" en cas de grêle. Pour donner quelques ordres de grandeur, disons que les valeurs assurées à l'hectare vont de 6000 francs pour des vins de consommation courante à près de 100 000 francs en moyenne dans le Champagne. Les AOC s'assurent entre 20 000 et 40 000 F/hectare. Les fruits et assimilés connaissent la même hétérogénéité.

Les valeurs assurées pour les fruits dépendent de l'espèce et du type de contrat d'assurance choisi par l'agriculteur (voir ci-dessus le cas de la vigne). Elles vont de 20 000 à 100 000 francs. Les assureurs ont plafonné les capitaux assurés à 100 000 francs l'hectare partout en France après que les chiffres ont atteint des sommets au début des années quatre-vingt-dix. Les capitaux peuvent dépasser 100 000 francs pour des cultures spécialisées (légumes-fruits) qui occupent de faibles surfaces.

3.2.3.2- La sensibilité des cultures se paie cher

Le deuxième facteur de concentration du risque est la plus grande vulnérabilité des fruits et légumes. Ces derniers sont très sensibles aux impacts des grêlons. De plus, rappelons que ces cultures sont garanties en assurance qualité. Cela se traduit par des taux de prime six à sept fois plus élevés que ceux appliqués aux céréales. Les cultures fruitières et assimilées participent pour près d'un tiers de l'encaissement des assureurs alors qu'elles ne couvrent qu'un peu plus de 2 % des surfaces.

Cette concentration du risque-objet sur les fruits se double d'une concentration géographique. L'enjeu n'est pas seulement dans la répartition économique du risque mais aussi dans sa répartition géographique.

3.3- Risque-objet potentiel et risque assuré : la couverture des cultures par l'assurance-grêle

3.3.1- Objectif et intérêt

Contrairement à l'assurance-grêle sur les bâtiments et les véhicules, l'assurance-grêle sur culture n'est pas obligatoire. Les agriculteurs sont donc théoriquement libres de s'assurer ou pas contre les chutes de grêle. Dans une région ou un département ou à tout autre niveau territorial, le taux de couverture des cultures par l'assurance-grêle peut *a priori* donner une idée de la sensibilité des agriculteurs au risque de grêle. Le taux de couverture des cultures par l'assurance-grêle est donné (par type de culture) sous la forme du rapport :

$$Tc = \frac{\text{surface assurée}}{\text{surface totale cultivée}}$$

Y a-t-il de fortes variations régionales dans le taux de couverture des cultures par l'assurance-grêle ? Quelles sont les régions les mieux couvertes par l'assurance-grêle ? Sont-ce les régions les plus exposées au risque-agent tel que nous l'avons quantifié dans la première partie ? Autrement dit, la géographie du risque assuré se calque-t-elle sur celle du risque-agent ? Sinon quels autres facteurs peuvent intervenir pour expliquer la couverture plus ou moins forte des cultures par l'assurance ?

3.3.2- Méthode de détermination

Nous avons calculé et cartographié le Tc par département pour les trois grandes classes de cultures en 1996 (cartes 57 à 59), année récente pour laquelle on dispose des données les plus complètes. Les surfaces assurées varient peu d'une année à l'autre. L'addition d'une ou deux années (moyenne 1994 à 1996 par exemple) aurait noyé les chiffres et nuï à la lisibilité de l'information sans améliorer de façon significative les résultats. C'est la raison pour laquelle nous n'avons étudié qu'une année.

3.3.2.1- Les surfaces assurées

Seul le fichier "Garanties" Groupama dispose des données de surfaces afférentes aux capitaux assurés. Nous avons donc dû reconstituer les surfaces assurées à partir des capitaux APSAD de chaque département :

- détermination du capital moyen assuré à l'hectare sur les fichiers Groupama⁷⁵,
- application de ce capital à l'hectare aux capitaux assurés "APSAD" de façon à reconstituer la surface assurée par les sociétés de l'APSAD dans chaque département,
- la somme des surfaces assurées par Groupama (surfaces réelles) et par l'APSAD (surfaces reconstituées) est mise en rapport avec les surfaces totales cultivées correspondantes à chaque grande classe (annexe 6) dans chaque département.

3.3.2.2- Les surfaces assurables

Pour les surfaces totales des cultures, les chiffres proviennent du Ministère de l'Agriculture/SCEES⁷⁶. Elles sont réactualisées chaque année par des enquêtes. A l'échelle départementale, les erreurs sont minimales sauf pour les départements à faible échantillon. Globalement et en théorie, toutes les surfaces cultivées sont assurables. Toutefois, la pratique de l'assurance montre que certaines cultures sont traditionnellement très peu couvertes par l'assurance-grêle.

Le problème vient parfois du classement de certaines cultures. Le classement des cultures par le SCEES n'est évidemment pas adapté aux classes de sensibilité des assureurs. Or notre objectif est d'approcher au plus près la part des cultures réellement assurée dans l'ensemble des cultures potentiellement assurables. Le plus difficile est de déterminer les surfaces cultivées potentiellement assurables. Nous avons fait certains choix dans le traitement des données du SCEES (tableau 36).

Pour les céréales et assimilées, ont été incluses toutes les cultures correspondantes aux classes 1, 2 et 3 y compris les pommes de terre et les betteraves sucrières. Le maïs n'a pas été compté sauf le maïs grain et le maïs semence. La prise en compte du maïs fourrage aurait fortement gonflé les surfaces dans certains départements. Le maïs fourrage souffre peu de la grêle. L'assurance-grêle est parfois souscrite sur cette culture pour bénéficier des majorations d'indemnisation du régime des calamités agricoles ou pour accéder à l'assurance-grêle. Les autres plantes fourragères n'ont pas été prises en compte. La catégorie SCEES "cultures industrielles diverses" a été exclue car elle est constituée principalement du tabac qui ne relève pas du régime commun de l'assurance-grêle.

C'est sans doute pour la vigne (vins et raisins de table) que les chiffres sont les plus homogènes. Les données SCEES sont fiables. C'est une classe bien définie, peu variable

⁷⁵ Les chiffres des capitaux moyens par hectare ont été vérifiés auprès des caisses régionales de Groupama.

Certains départements aux données peu fiables ou "aberrantes" ont été exclus de la cartographie.

⁷⁶ Statistique agricole annuelle. Résultats 1996. Agreste Données chiffrées Agriculture N° 94, juillet 1997, SCEES/Ministère de l'Agriculture.

dans le temps. Les départements à trop faible échantillon (moins de 200 ha) ont été exclus.

La grande classe "fruits et assimilés" est très hétérogène. Les surfaces cultivées en légumes-fruits et les légumes-feuilles recensées par le SCEES ont été intégrées en totalité. Elles constituent les classes 5 et 8. Les classes 6 et 7 couvrent des surfaces assez faibles : la prise en compte des catégories SCEES "plantes aromatiques et médicinales", les "cultures florales", les "pépinières" et les "petits fruits" permet de couvrir les surfaces cultivées correspondant à ces deux classes. La classe 9 (fruits) complète la grande classe "fruits et assimilés". Ont été exclus de l'étude les vergers non productifs car trop jeunes et donc non assurés (les vergers non en production sont souvent assurés pour 0 F mais déclarés capital nul).

Tableau 36 - Cultures retenues pour la détermination du taux de couverture par l'assurance

Grande classe des assureurs	Correspondance dans les statistiques agricoles*
Céréales et assimilées (classe 1, 2 et 3)	-céréales+maïs-grain et semence -protéagineux, oléagineux -betterave sucrière et pomme de terre (sauf primeur) -plantes à fibre (lin, chanvre...) (tabac exclu)
Vigne (cl. 4)	Vignes (pour vin, alcool et raisin de table)
Fruits et assimilés (cl. 5 à 9)	-cultures maraîchères -fleurs -petits fruits -plantes médicinales et aromatiques -pépinières -fruits

* SCEES, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Statistique agricole annuelle 1996, Agreste N°94, juillet 1997.

Nous avons vu lors de l'étude de la sensibilité physiologique des plantes (chap 4) que les fruits protégés par une enveloppe non comestible : chataignes, noix, noisettes sont peu sensibles à la grêle. Ces fruits couvrent des surfaces assez vastes dans certains départements comme l'Isère, la Dordogne ou la Drôme. Pour ce dernier département, Groupama assure 350 hectares de noix, noisettes et amandes (15 000 F/ha avec un taux de cotisation moyen de 6,2 % en 1996) ce qui n'est pas négligeable en soi mais

représente un taux de couverture par l'assurance bien inférieur à celui des autres cultures fruitières dans ce département. Nous avons donc inclus ces fruits en sachant que dans les départements où ces cultures sont présentes, le taux de couverture des fruits et assimilés par l'assurance-grêle est minoré.

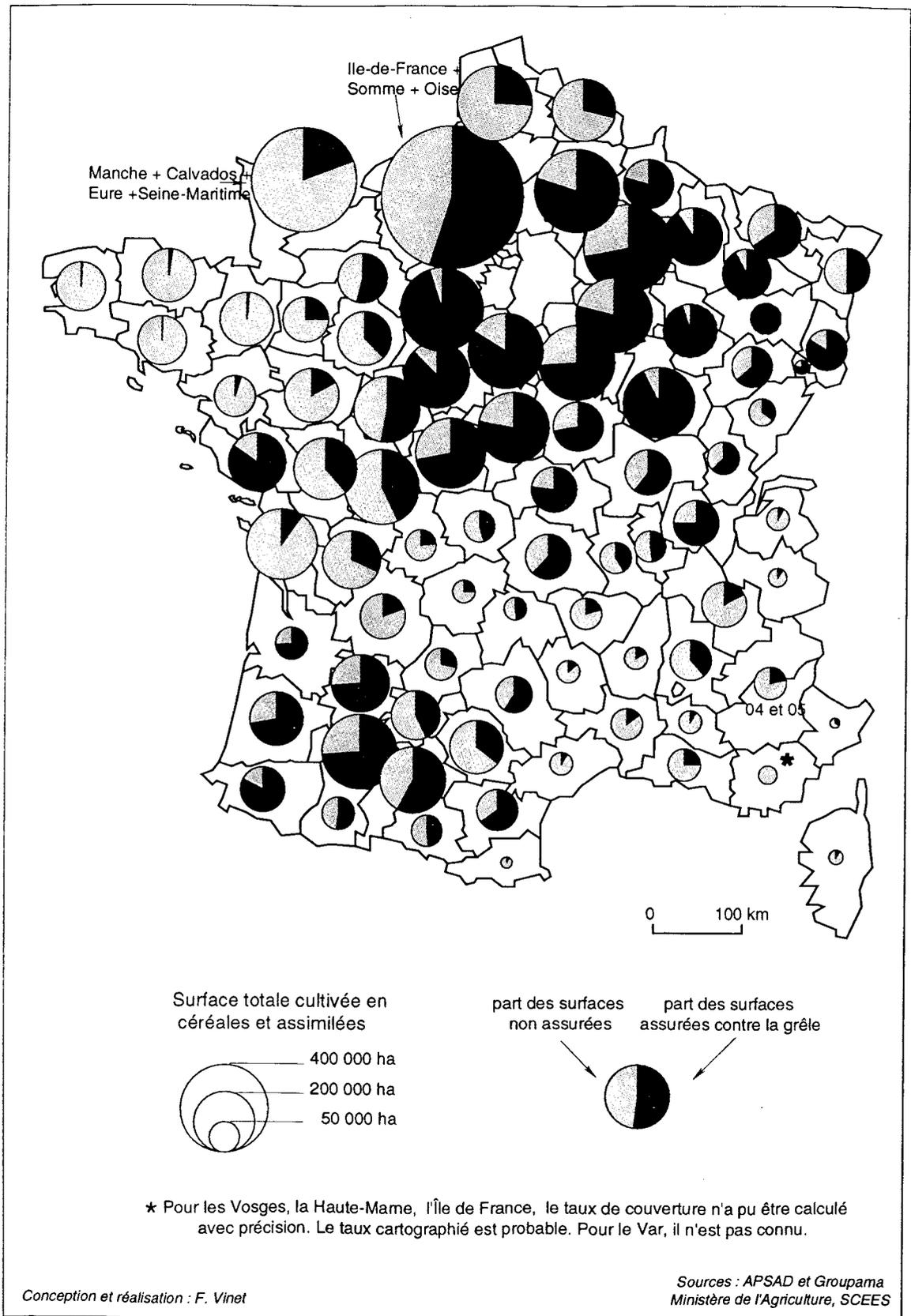
3.3.3- Les inégalités géographiques dans la prise en charge du risque-grêle

3.3.3.1- Le bon taux de couverture des céréales

Les céréales et assimilés bénéficient en France d'un bon taux de couverture par l'assurance-grêle (carte 57). Sur 11 952 000 d'hectares cultivés en céréales et assimilés, 6 634 000 sont couverts (d'après nos estimations) par l'assurance-grêle soit 55,5 %⁷⁷. Les trois quarts des surfaces cultivées se trouvent dans le Bassin parisien *lato sensu*.. Or les céréales dans cette région sont bien couvertes par l'assurance. Plus de 90 % des surfaces céréalières sont assurés contre la grêle dans des départements comme l'Eure-et-Loir, la Meuse. Ce taux reste supérieur à 75 % dans de grands départements céréaliers comme l'Aisne, l'Yonne, le Loiret ou le Loir-et-Cher. A noter que pour l'Île-de-France, l'Oise et la Somme dont nous avons regroupé les chiffres, le taux est approximatif. En effet, Groupama conclue souvent des contrats forfaitaires qui englobent plusieurs cultures et plusieurs risques sans détail des assolements. Ces contrats facilitent la gestion de l'assurance pour les grandes exploitations céréalières où les surfaces sont vastes et le risque limité. On a reconstitué les surfaces à partir du capital moyen par hectare (7000 FF) pratiqué dans les départements voisins où cultures et structures d'exploitations sont similaires. Pour la Haute-Garonne et l'Ariège, les résultats des contrats forfaitaires ont été inclus dans les données des classes 1, 2 et 3. Pour la Haute-Marne et les Vosges, les surfaces assurées dépassent les surfaces SCEES. Cette incohérence peut provenir soit d'une forte différence dans les capitaux assurés par hectare entre l'APSAD et Groupama soit de contrats signés dans le département assurant des exploitations de départements voisins (ce qui peut arriver à Groupama). Nous avons supposé dans ces départements un taux de couverture élevé (95 %) proche de celui des départements voisins.

Vers le Nord-Ouest, le pourcentage de surfaces assuré diminue. Il est pratiquement nul en Bretagne. Cette région est réputée pour être réfractaire à l'assurance-grêle. Assurément les Bretons n'ont pas peur que le ciel leur tombe sur la tête. Sans les Normandies, la

⁷⁷ Les résultats (non publiés) d'une enquête de l'APSAD sur le taux de couverture national des cultures par l'assurance-grêle en 1996 nous sont parvenus à l'heure où nous terminions la rédaction de cette thèse. Cette enquête confirme la validité de nos calculs puisqu'elle donne un taux de couverture des céréales de 57 %.



Carte 57 - Le taux de couverture des cultures céréalières par l'assurance-grêle en France en 1996

Bretagne, les Pays-de-la-Loire et le Nord-Pas-de-Calais (taux de couverture de 19,3 %), le taux de couverture national passerait à 65 %.

Dans le Sud-Ouest, les surfaces en céréales et assimilées sont assez vastes. Les taux de couverture sont les plus élevés (75 % et plus) dans les départements littoraux, le Gers et le Lot-et-Garonne. Il se peut que dans ces départements l'assurance-grêle soit encouragée par une forte exposition au risque-tempête. En effet, comme nous l'avons déjà souligné, la souscription d'un contrat d'assurance-grêle est obligatoire pour bénéficier d'une garantie-tempête (pour le colza, le maïs et le tournesol). A l'appui de cette hypothèse, on observera que le taux de couverture diminue dans les départements de l'intérieur : 58 % en Haute-Garonne, 36 % dans le Tarn. Le taux remonte à 65 % dans l'Aude particulièrement ventée.

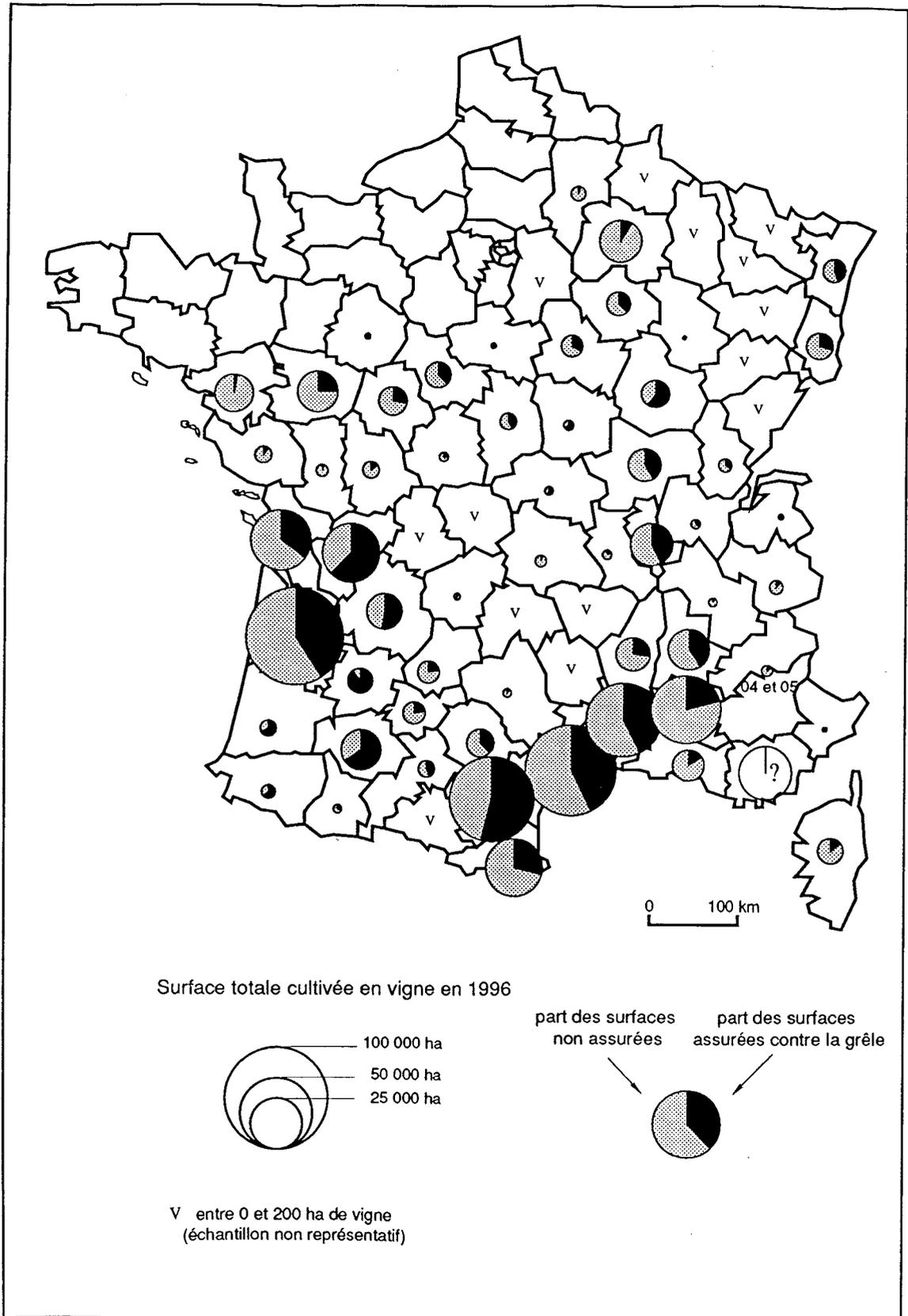
Dans le grand Sud-Est, les surfaces en céréales et assimilées sont peu étendues. Les taux de couverture sont assez faibles en général. Ils suivent la corrélation qui lie les faibles surfaces départementales aux faibles taux de couverture : plus les surfaces cultivées sont faibles, moins l'assurance-grêle est implantée.

La sensibilisation au risque-grêle mesurée par le pourcentage de surfaces assurée contre le risque-grêle n'est pas seulement fonction du risque-agent. La carte de France du taux de couverture ne suit pas celle du risque-agent telle que nous l'avons dessinée dans la première partie de notre travail. Si les faibles chutes de grêle en Bretagne ou sur les côtes méditerranéennes sont validées par un faible taux d'assurance dans ces régions, il n'y a en revanche pas correspondance dans le Centre-Ouest de la France ou en région parisienne. Là, le taux de couverture est fort malgré une faible fréquence de la grêle. Les structures d'exploitation, la longue tradition d'assurance expliquent la forte implantation de l'assurance. Dans ces départements et pour ces cultures, l'assurance-grêle est presque une tradition, gérée sur le long terme ce qui est un gage de stabilité et de pérennité du système.

3.3.3.2-La concentration des vignes dans le sud de la France

Pour les surfaces viticoles assurées contre les chutes de grêle, la carte est beaucoup plus simple (carte 58). Globalement, le taux de couverture des surfaces viticoles par l'assurance-grêle est de 38 %⁷⁸ (345 000 ha sur 917 000 ha). Les surfaces sont concentrées dans des grands vignobles : Gironde, Languedoc, Charentes, Vallées du Rhône et de la Loire. Le taux de couverture varie entre 25 et 60 %. Il est de 41 % en

⁷⁸ Les chiffres de l'enquête APSAD donnent un taux de couverture des vignes par l'assurance beaucoup plus élevé : 58 %. Nous ne disposons pas d'éléments de comparaison. La différence porte sur les capitaux à l'hectare pratiqués en vigne. Il faudrait pour trancher, mener des enquêtes plus fines dans les grands vignobles du Bordelais et du Languedoc.



Carte 58 - Le taux de couverture des vignes par l'assurance-grêle en France en 1996

Gironde. Pour ce département, ce chiffre est en légère baisse par rapport au chiffre de 51 % en 1989 ou 44 % en 1986 (Gohard I., 1990 p.62). Le taux de couverture est particulièrement fort dans le Lot-et-Garonne (91 %). Après vérification auprès de Groupama, ce chiffre pourrait s'expliquer par la forte intégration de la profession viticole. Les coopératives comme celle de Buzet imposent la souscription d'une assurance-grêle qui est négociée en contrat groupe auprès des assureurs. La géographie du taux de couverture par l'assurance renforce la concentration du risque-objet dans le sud de la France (tableau 37). Les dix principaux départements viticoles du Sud regroupent les deux tiers des surfaces plantées en vigne en France mais totalisent les trois quarts des surfaces assurées. Il y a donc un effet "gravitaire" que l'on avait subodoré pour les céréales et assimilés : toutes choses égales par ailleurs, plus une culture est présente dans un département, plus son taux de couverture par l'assurance-grêle est fort. Il y a donc une prime à la spécialisation agricole. Nous reviendrons sur ce point qui s'observe aussi pour les cultures autres que la vigne.

Tableau 37 - La concentration géographique des surfaces viticoles assurées en France en 1996.

	surfaces cultivées (en ha)	surfaces assurées (en ha)
les 5 premiers départements (1) (11,33,34,30,16)	424 000 (46 % des surf. cult.)	197 755 (57 % des surf. ass.)
Les 10 premiers départements (1) (11,33,34,30,16, 17, 32, 84, 66, 69)	609 000 (66 % des surf. cult.)	260 000 (75 % des surf. ass.)
total français	917 000	345 000

(1) dans l'ordre décroissant des surfaces assurées

Sources : APSAD, Groupama

Peut-on détecter un effet du risque-agent ? Le pourcentage de surface assuré est-il proportionnel à l'intensité et à la fréquence des chutes de grêle ? On ne détecte pas de relation nette entre ces paramètres à l'échelle de la France. Les conditions qui commandent au viticulteur son attitude par rapport à l'assurance sont différentes d'un vignoble à l'autre. La réponse n'est envisageable que dans un même vignoble, c'est-à-dire toutes conditions socio-économiques égales par ailleurs. Le cas du Champagne est intéressant : le taux de couverture est globalement assez bas dans les trois départements du vignoble (15 %) mais on observe un gradient nord-sud entre les 4 % de surface assurés dans l'Aisne, les 9 % de la Marne et les 37 % de l'Aube. Parallèlement, les capitaux assurés à l'hectare sont similaires dans les trois départements (entre 95 000 et 100 000 Francs) ce qui reflète une homogénéité des conditions socio-économiques. Cette

augmentation du nord vers le sud du taux de couverture suit celle du risque-agent et traduit la plus forte sensibilisation des viticulteurs face aux chutes de grêle plus fréquentes et intenses dans l'Aube que dans l'Aisne. On retrouve un gradient, cette fois ouest-est dans le vignoble du Cognac. La partie de ce vignoble située en Charente-Maritime est moins assurée (35 %) que celle située plus à l'intérieur (63 % dans la Charente) où nous avons vu que le risque-agent est plus fort. Le taux de couverture est aussi très faible dans le Muscadet, un peu plus élevé en Anjou. Là aussi, l'augmentation du taux de couverture suit l'acuité du risque-agent. Au-delà de départements voisins, la comparaison risque-agent / taux de couverture par l'assurance se heurte à de trop grandes différences socio-économiques (tradition de l'assurance, valeur du vignoble...) qui noient la sensibilisation du viticulteur aux chutes de grêle.

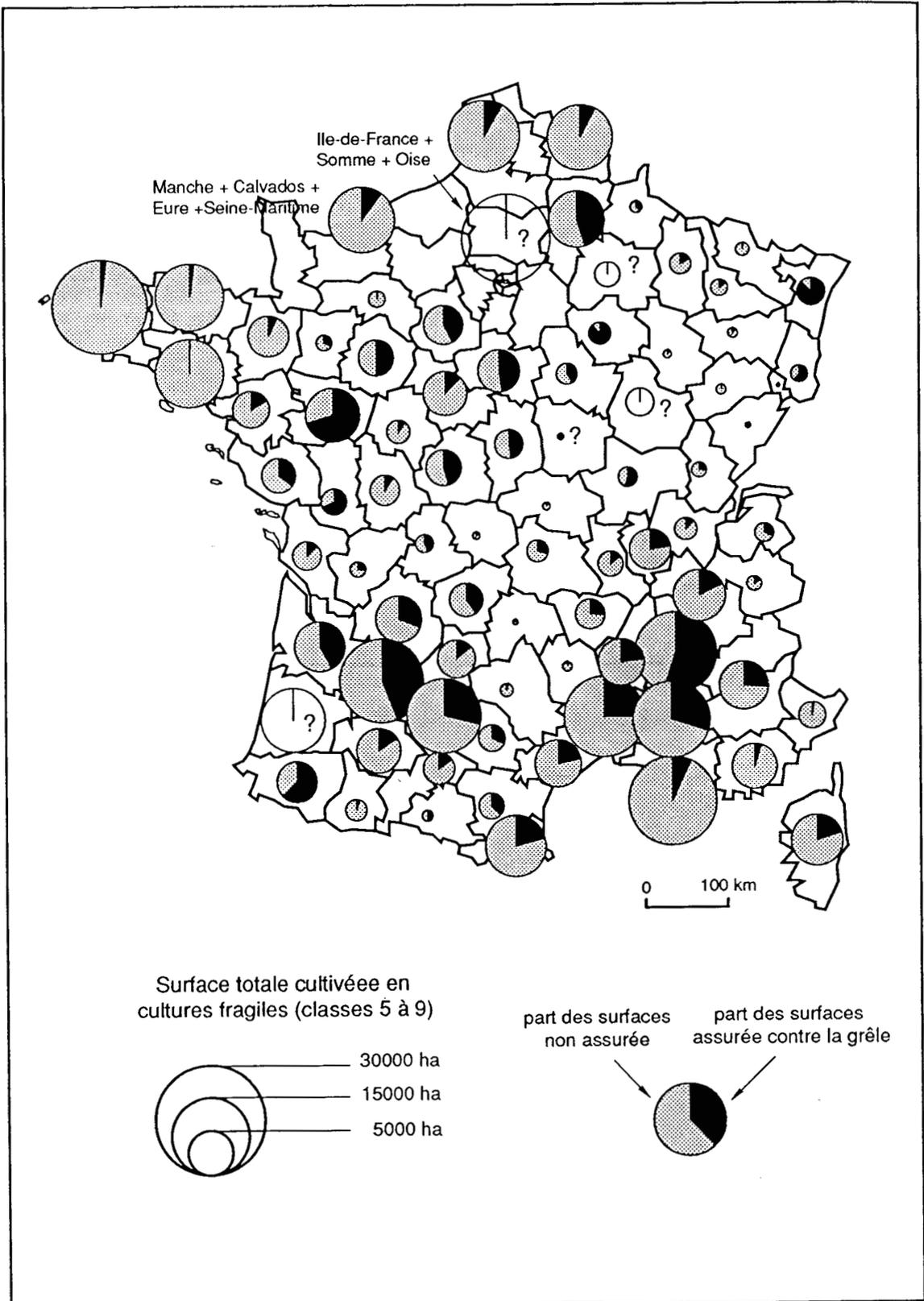
3.3.3.3- Les fruits et assimilés : forts déséquilibres régionaux

Les fruits et assimilés couvrent 462 000 hectares en France. 146 000 sont assurés contre la grêle (32 %). Cette grande classe est partagée pour moitié entre les fruits et les autres cultures dites fragiles⁷⁹ (annexe 6). Nous n'avons pas pu malheureusement distinguer les fruits des autres classes. L'hétérogénéité de cette grande classe explique de fortes variations entre départements même voisins (carte 59). Il faut d'abord mettre à part les départements du Nord-Pas-de-Calais et de Bretagne où les légumes de plein champ constituent l'essentiel des surfaces. Dans la moitié nord de la France, seul le Val-de-Loire dispose de vergers étendus (Maine-et-Loire). Le cas des Deux-Sèvres est intéressant. Ce département doit son fort taux de couverture à la présence de cultures à forte valeur à l'hectare comme les porte-graines cultivés sous contrats entre agriculteurs et semenciers. Ce type de culture fortement intégré à la filière industrielle est souvent bien couvert par l'assurance-grêle.

Le Sud-Ouest et la basse vallée du Rhône concentrent une grande part des cultures fruitières (et légumières) en France. Les deux seuls départements à dépasser 10 000 hectares de surfaces assurées en fruits et assimilés sont la Drôme et le Lot-et-Garonne.

Du fait de l'hétérogénéité de la grande classe "fruits et légumes", il faudrait compléter cette carte par des monographies départementales seules aptes à rendre compte

⁷⁹ L'enquête de l'APSAD donne un taux de couverture de 62 %. Là encore la différence tient au montant du capital à l'hectare appliqué : il est pour nous de 28 900 F en moyenne contre 17 000 dans l'enquête APSAD. L'enquête APSAD prend une définition plus restrictive des classes SCEES correspondant à la grande classe "fruits et assimilés" des assureurs. En prenant cette définition plus restrictive, nous arrivons par notre mode de calcul, à un taux de couverture de 40 %, loin encore des 62 % revendiqués par l'APSAD. Nous disposons à titre de comparaison des résultats de l'enquête "structure verger" menée en 1997 par le SCEES (Agreste, données chiffrées n° 103, 1998 p.34). D'après cette enquête, le taux de couverture des vergers par l'assurance-grêle est de 36 % en moyenne nationale, ce qui correspond à l'intervalle que nous avons donné (32 à 40 % selon la définition des classes SCEES).



Carte 59 - Le taux de couverture des cultures fragiles par l'assurance-grêle en France en 1996

des réalités locales. Ce travail nous éloignerait de notre objectif mais il est intéressant d'examiner le cas de certains départements. On a évoqué plus haut le problème des cultures de fruits à coque. Ceux-ci sont cultivés sur de vastes surfaces dans l'Isère et la Dordogne avec respectivement 5200 et 2200 hectares de noyers en production en 1996. Ces fruits sont peu assurés. Une rapide enquête auprès des caisses d'assurances locales a montré que l'assurance couvrait 5 à 10 % de ces vergers. Dans ces départements, la présence de ces vergers peu sensibles minore le taux de couverture obtenu (carte 59). Le même problème se pose pour les oliviers qui couvrent de vastes espaces dans le Var.

Six départements méridionaux (13, 47, 26, 30, 84, 82) classés aux premiers rangs pour les surfaces assurées totalisent 25 % des surfaces cultivées (112 800 hectares) et 31 % des surfaces assurées (45 000 hectares). Cette concentration serait plus forte si l'on ne tenait compte que des vergers. Il y a donc un renforcement de la concentration des surfaces cultivées par une plus forte concentration spatiale des surfaces assurées.

3.4- Géographie du risque assuré : la concentration géographique du risque

La géographie des surfaces assurées n'est pas proportionnelle à celle des surfaces cultivées. Le risque-assuré n'est donc qu'une partie du risque-objet potentiel. Le risque-objet n'est pas pris totalement en charge par les assurances. Comment s'expliquent les différences dans la couverture des cultures par l'assurance ce qui rend compte en grande partie de la sensibilisation des agriculteurs au problème de la grêle ? Comment se répartissent finalement les risques assurés ?

3.4.1- Les facteurs de l'assurance

Pour expliquer le passage de la carte du risque-objet potentiel au risque-objet assuré, il faut examiner les raisons qui déterminent l'attitude de l'agriculteur face à l'assurance (figure 34 ci-dessous p. 359). Pourquoi ce dernier décide-t-il ou non de s'assurer ? Est-ce lié au risque-agent, à l'intensité des chutes de grêle ou à des facteurs socio-économiques ?

3.4.1.1- Le risque-agent

L'acuité du risque-agent incite-t-elle les agriculteurs à s'assurer ?

Le problème est à aborder sous deux angles :

-Spatialement, les régions où le risque-agent est fort ont-elles un taux de couverture plus élevé que celui des autres régions ?

-Chronologiquement, les fortes chutes de grêle sur un département se traduisent-elles localement par un regain de l'assurance dans les années suivantes ?

*Pour le premier point, c'est la vigne (grande classe la plus homogène) qui fournit les meilleurs exemples (carte 58). Le Gers, Les Landes et le Lot-et-Garonne sont les départements où le taux de couverture sur vigne est le plus fort (respectivement 66, 67 et 91 % de surfaces assurées). Or, ce sont des départements particulièrement touchés par la grêle. Nous avons vu également quelques exemples de gradient spatial du taux de couverture département suivant le gradient de l'intensité et de la fréquence des chutes de grêle (Champagne). Mais ces exemples n'ont de valeur qu'à l'échelle régionale. Pour les autres classes, les régions les plus exposées (Lot-et-Garonne ou Lyonnais par exemple) ne sont pas forcément les plus assurées. Pour les céréales et assimilées (carte 57), c'est pratiquement l'inverse : c'est en région parisienne (loin d'être la plus touchée par la grêle) que le taux de couverture est le plus fort. Pour les fruits et assimilés, on observe des gradients régionaux : par exemple entre les côtes méditerranéennes et la Drôme. Pourtant, la relation n'est pas mathématique. En effet, plus les chutes de grêle annuelles sont intenses et fréquentes, plus les tarifs de l'assurance augmentent, jusqu'à devenir dissuasifs. Il existe donc un seuil à partir duquel le risque-agent rétroagit négativement sur le taux de couverture par l'assurance.

Cet effet du risque-agent est sans doute sous-estimé par l'échelle de travail et par l'hétérogénéité des classes de culture. Des enquêtes plus fines sur le taux de couverture d'une même culture (les pommiers, par exemple, espèce sensible et assez répandue) pourraient mettre en évidence toutes choses égales par ailleurs, le rôle du risque-agent dans les différences régionales du taux de couverture.

* Le second point est tout aussi délicat à mettre en évidence. De fortes chutes de grêle sensibilisent-elles les agriculteurs à l'assurance-grêle ? Il est difficile de répondre car les facteurs sont multiples. Mais on peut citer le cas du Var qui, le 14 septembre 1994 a subi une forte averse de grêle. La grêle a détruit 25 hectares de serres autour de Toulon ainsi que des cultures fruitières, viticoles ou maraîchères de plein champ. Les seuls chiffres fiables pour ce département sont ceux de l'APSAD. Les capitaux "fruits et assimilés" assurés sont passés de 7,6 millions en 1994 à 12,3 millions de francs en 1995 soit une augmentation de 63 %. Les capitaux "vigne" ont progressé de 27 %. Les céréales, qui couvrent de faibles surfaces, ont diminué de 31 %. Dans le même temps, le contexte national était à la stabilité voire à une légère baisse des capitaux assurés sur tous

types de culture. Il faut cependant nuancer car 1994 coïncide avec le rétablissement de l'incitation à l'assurance-grêle par le FNGCA (voir ci-dessus 1.2.4). Seule une enquête auprès des agriculteurs pourrait démontrer quel facteur, de l'incitation financière rétablie ou des fortes averses de grêle, a été l'élément déterminant dans la décision des agriculteurs de contracter une assurance-grêle. Quoi qu'il en soit, l'occurrence de fortes chutes de grêle n'est pas un gage systématique de sensibilisation à l'assurance-grêle. Les nombreuses conversations informelles que nous avons eu avec des arboriculteurs tendraient à prouver que le contexte économique de la filière, la santé de l'entreprise influencent autant leur comportement que l'occurrence d'une forte averse de grêle.

Tableau 38 - Évolution des capitaux assurés dans le Var entre 1994 et 1996
(marché APSAD seulement)

années	capitaux céréales et ass. en Kf	capitaux céréales (indice 100 en 1994)	indemnis- -ations céréales et ass. en Kf	capitaux vigne en Kf	capitaux vigne (indice 100 en 1994)	indemni- s-ations vigne en Kf	capitaux fruits et ass. en Kf	capitaux fruits (indice 100 en 1994)	indemnis- -ations fruits et ass. en Kf
1994	2 254	100	4	58 184	100	4 108	7 585	100	184
1995	1 553	69	23	74 134	127	1 457	12 322	163	17
1996	1 743	77	45	67 861	117	1 524	10 152	134	48

Sources : APSAD

3.4.1.2- Structures agraires et organisation professionnelle

* Les facteurs socio-économiques sont tout aussi déterminants mais il est aussi difficile d'en montrer les effets. Il faut signaler tout de suite les facteurs purement économiques : la **santé financière d'une filière agricole** ou d'une exploitation ont des effets sur le comportement des agriculteurs face à l'assurance. Pour la première, l'effet est diachronique plus que spatial sauf si cette filière est concentrée dans une région précise. Pour les exploitations, l'effet est local et n'est absolument pas détectable à notre échelle de travail.

* En revanche, on mesure sur les cartes les effets des **structures agraires et professionnelles**. Le taux d'assurés est fort dans les départements où la filière agricole est bien structurée. De nombreuses associations d'agriculteurs en particulier les coopératives maraîchères ou fruitières ont des contrats de groupe. Les adhérents sont obligés de s'assurer. Ce type de regroupement de producteurs leur permet de négocier des tarifs plus avantageux auprès des assureurs. La part d'agriculteurs assurés dépend donc en partie du degré d'organisation de la profession (Coopérative de Buzet dans le Lot-et-

Garonne). Dans le Maine-et-Loire, les cultures fruitières sont très encadrées par les coopératives ou bien sont l'objet de gros arboriculteurs. Ceci explique le taux (70 %) de couverture élevé sur les cultures spécialisées (carte 59) dans ce département alors que la vigne (petites exploitations) a un taux de seulement 25 %.

* **Les structures d'exploitation** sont aussi influentes. Les exploitations en monoculture ont une plus forte propension à s'assurer contre la grêle car les revenus de l'exploitation ne peuvent être compensés par un autre produit. C'est ce qui peut expliquer en partie le faible taux de surfaces assurées en région Rhône-Alpes où les vergers sont petits et servent de revenu d'appoint dans des structures encore polyculturelles. De même, les grands céréaliers du Bassin parisien s'assurent plus volontiers que les agriculteurs qui cultivent les céréales en revenu d'appoint à l'élevage.

* **L'incitation** départementale et nationale à l'assurance (voir ci-dessus 1.2.4) joue évidemment un rôle. C'est un enjeu pour les cultures spécialisées car elle peut faire baisser substantiellement les cotisations versées aux assureurs.

* Ces quelques facteurs induisent ce que l'on pourrait appeler un **effet gravitaire**, un effet de masse. C'est visible pour la vigne. Toutes choses égales par ailleurs, plus une culture est présente dans un département, plus le taux d'assurés est fort. Il y a en quelque sorte prime à la spécialisation.

3.4.1.3- Tradition et comportements culturels

Dans les facteurs les moins quantifiables mais peut-être des plus déterminants, il faudrait invoquer les traditions culturelles et les mentalités régionales très prégnantes dans le monde agricole. Comment expliquer le taux de pénétration de l'assurance dans le Bassin parisien (plus de 90 % de cultures céréalières couvertes) sans rappeler les pratiques communautaires agricoles de ces régions d'openfield, pratiques communautaires que l'on a souvent opposé à l'individualisme des agriculteurs de l'Ouest ? Elles ne sont pas étrangères au fait que c'est en région parisienne que les premières mutuelles d'assurances contre la grêle (comme l'Étoile ou la Mutuelle de Seine-et-Marne) ont vu le jour au siècle dernier. Les agriculteurs répartissaient les terres et les tâches mais aussi le risque atmosphérique par le biais de l'assurance. Le phénomène inverse, combiné à la faible fréquence de la grêle, pourrait expliquer la quasi-absence d'assurance-grêle en Bretagne.

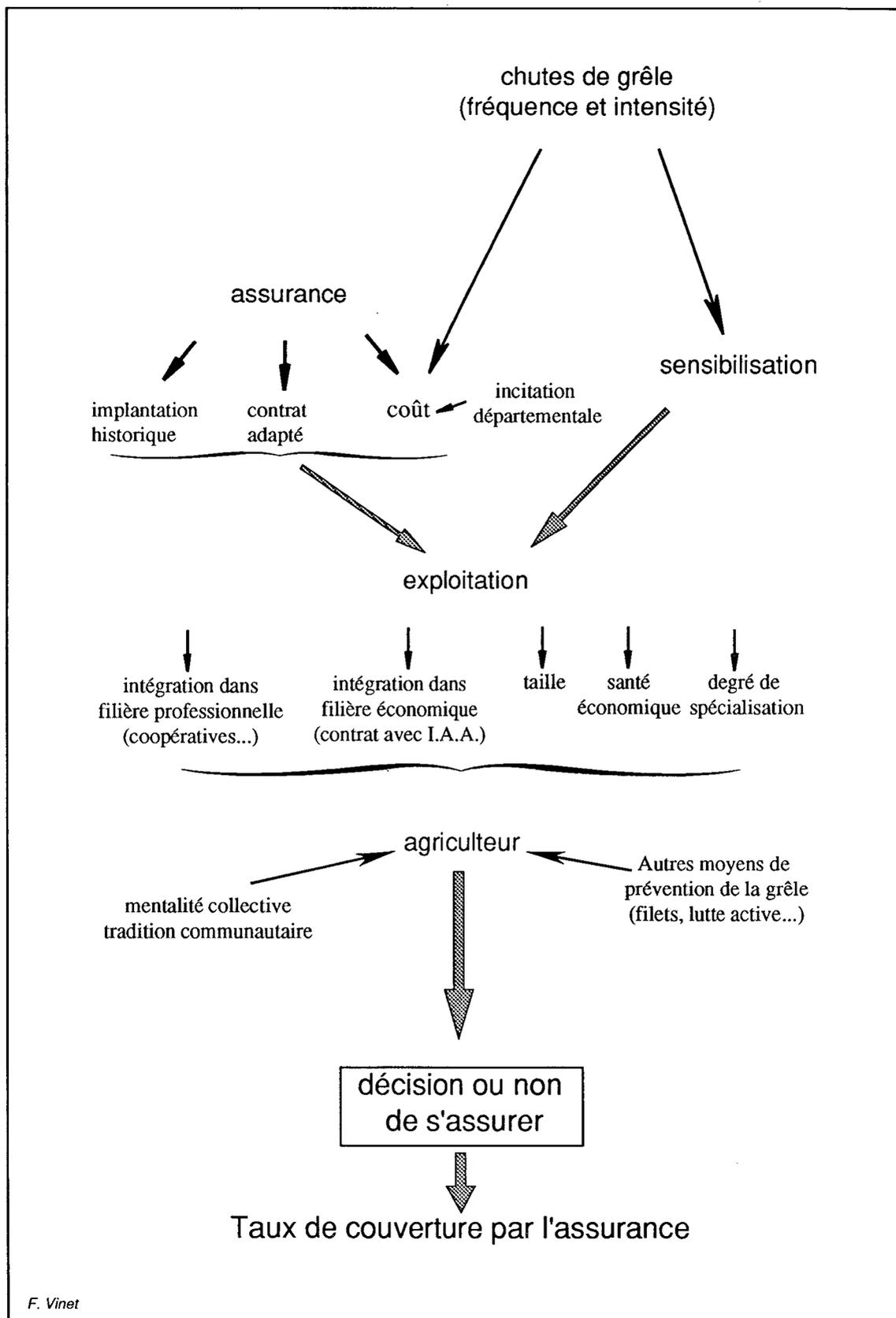


Fig. 34 - Les facteurs intervenant dans la décision de s'assurer

3.4.1.4- Les choix des types de prévention

Interviennent enfin dans l'explication de l'adhésion à l'assurance, l'existence d'autres moyens de lutte contre la grêle. Nous reviendrons sur ces moyens de lutte dans l'étude de la gestion du risque-grêle. Cependant, localement ou régionalement, l'implantation d'autres méthodes de prévention peut influencer les taux de couverture par l'assurance. A plus vaste échelle, dans le Sud-Ouest, des agriculteurs et des conseils généraux ont fait le choix de la lutte active (annexe 4). Des agriculteurs tiennent les postes grêlimétriques et les générateurs. Dans le Gers, le conseil général a choisi de porter ses efforts sur l'assurance plutôt que sur la lutte active. Le département est assez isolé sur ce plan-là dans le Sud-Ouest.

Plus localement, en Loire-Atlantique, la faible pénétration de l'assurance s'explique outre la faible fréquence de la grêle, par la pratique de la lutte anti-grêle par lancer de fusée. Le financement, assuré en partie par les municipalités, et l'adhésion morale de nombreux viticulteurs à ce type de lutte diminuent d'autant le nombre d'assurés. L'opacité de l'information autour de ce moyen de lutte renforce son caractère controversé (entre autres par Météo-France).

Les filets paragrêle qui se répandent depuis quelques années sur les vergers concernent des surfaces encore réduites. Nous verrons plus loin les rapports entre l'assurance et les autres moyens de protection contre la grêle. Leurs effets sur le taux de couverture par l'assurance sont difficile à quantifier avec exactitude dans les données macroéconomiques mais ils sont perceptibles dans l'attitude des agriculteurs.

Le schéma de la figure 34 (p.359) montre en les simplifiant les mécanismes complexes qui interviennent dans la décision de l'agriculteur de recourir ou non à l'assurance. Les facteurs expliquant les différences départementales dans le taux de couverture des cultures par l'assurance sont nombreux. Le risque-agent n'est qu'un facteur qui intervient en sensibilisant l'agriculteur au risque et aussi en déterminant le coût de l'assurance. Pour une même culture, on peut retrouver dans la géographie de l'assurance quelques gradients régionaux d'intensité et de fréquence de la grêle surtout lorsque les gradients sont élevés (par exemple, entre départements côtiers et intérieurs). Localement, de fortes chutes de grêle peuvent sensibiliser les agriculteurs au risque et augmenter pour un temps le taux de couverture par l'assurance. Mais le taux d'assurés n'est pas le reflet de la fréquence de la grêle. Les différences historiques sur la longue durée et les tendances lourdes de la géographie de l'assurance sont aussi déterminées par des facteurs socio-économiques voire culturels. Dans chaque département, pour chaque

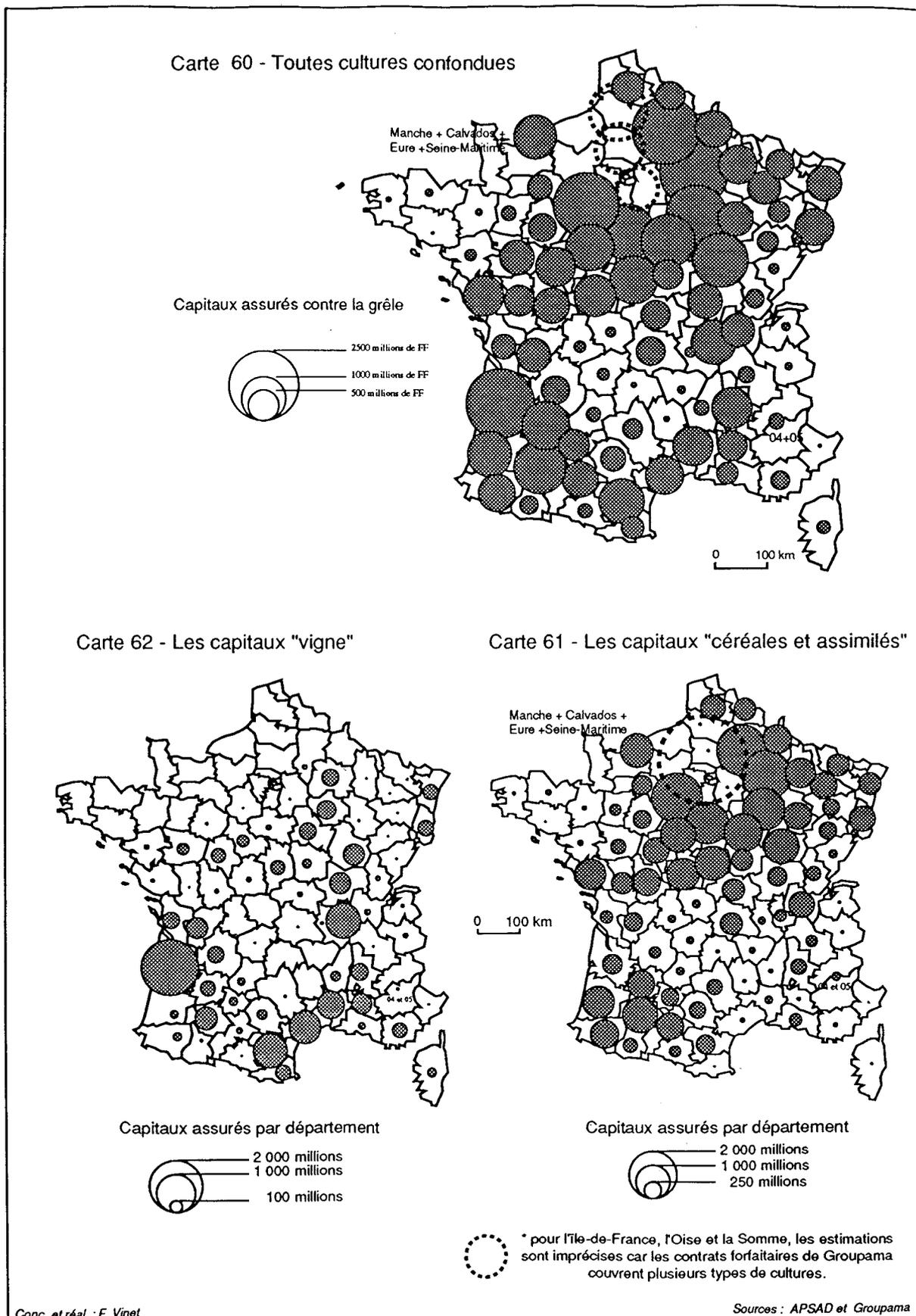
culture, l'un ou l'autre des facteurs explicatifs prend de l'importance. Chaque région, chaque département ou même chaque canton vit et perçoit le risque-grêle différemment du voisin.

La répartition des cultures et les différences régionales dans le taux de couverture de ces mêmes cultures par l'assurance nous conduit à une géographie du risque-objet assuré, c'est-à-dire la part des cultures sensibles à la grêle et réellement prise en charge par l'assurance.

3.4.2- Le risque-objet assuré : la répartition des capitaux assurés

La répartition géographique des capitaux assurés (carte 60) suit grossièrement celle des surfaces assurées. Elle est dominée par les capitaux céréaliers (carte 61) et viticoles (carte 62). Le département qui cumule le plus de capitaux assurés contre les chutes de grêle est la Marne (céréales + vignoble de Champagne) suivie de la Gironde et de plusieurs départements du Bassin parisien. Le Bassin parisien (*lato sensu*) regroupe un peu plus de la moitié des capitaux assurés, suivi du Sud-Ouest (20 %) et du Sud-Est-Méditerranée. Trois ensembles géographiques comptent pour des raisons différentes peu de cultures assurées. Le premier ensemble est constitué de la Bretagne, de la Loire-Atlantique, la Mayenne et des Normandie. Ce sont là des terres peu fréquentées par les assureurs grêle. La grêle d'été y est rare. Les agriculteurs sont peu sensibilisés à ce risque. D'autre part, ce sont des régions d'élevage et de cultures fourragères. Les cultures à forte valeur à l'hectare occupent peu d'espace sauf les cultures légumières de plein champ en Bretagne. Les deux autres ensembles sont le Massif central et les Alpes où les taux de couverture ne sont guère dissemblables de ceux observés dans des régions voisines mais qui abritent peu de cultures potentiellement assurables.

Une géographie des encaissements aurait renforcé le poids des cultures fruitières donc du sud de la France. Il ne nous a pas été possible de la dresser faute d'avoir pu obtenir les sommes des encaissements des sociétés APSAD. En réalité, la carte des capitaux n'est que la carte du risque-objet pris en charge par les assureurs mais ce n'est pas la carte du risque assumé par les assureurs. L'enjeu ne se mesure pas seulement à la somme des capitaux assurés mais au type de cultures supportant ces capitaux. Le risque courru par les assureurs est fonction de la répartition du portefeuille départemental (puisque nous avons choisi le département mais ce raisonnement peut tenir à l'échelle régionale ou cantonale). Or la prise en compte de cette répartition montre une concentration des départements à risque dans le sud de la France.



Cartes 60 à 62 - Les capitaux assurés contre la grêle en France en 1996

3.4.3- La concentration géographique des risques

L'équation du risque-objet peut se résumer ainsi :

$$\text{vulnérabilité du risque-objet} = \text{sensibilité des cultures} + \text{valeur des récoltes}$$

Le risque est donc fonction des cultures présentes dans chaque département. On peut à la fin de ce chapitre dresser une typologie des départements en fonction du degré du risque-objet subi par les assureurs. Quels sont les départements les plus vulnérables face au risque-grêle ? Quels sont les départements où les chutes de grêle sont susceptibles de causer de gros dégâts, tout risque-agent égal par ailleurs ? Les critères de cette typologie sont :

- le poids relatif (en pourcentage) de chaque grande classe dans le total départemental des capitaux assurés.

- le poids absolu de la classe "fruits et assimilés"

La grande classe "céréales et assimilées" favorise la répartition économique et spatiale du risque : les surfaces sont vastes et les cultures variées. Les cultures ne sont ni les plus vulnérables ni les plus sensibles. Les sommes engagées à l'hectare sont faibles. Une averse de grêle touchant ces cultures ne mettra pas en péril les caisses de l'assureur.

La grande classe "vigne" est plus sensible que les céréales ; les capitaux engagés à l'hectare sont plus élevés mais ce sont des pertes uniquement quantitatives.

L'enjeu véritable, ce sont les cultures dites "fragiles" regroupées dans la grande classe "fruits et assimilés". Seules ces cultures sont garanties en perte de qualité. Ce sont également les seules à faire l'objet d'une incitation à l'assurance de la part du FNGCA. Les capitaux assurés par hectare sont dix ou quinze fois plus élevés que ceux des céréales. Une chute de grêle est, par conséquent, susceptible de faire des dégâts beaucoup plus importants pour une même surface touchée. Dix ou vingt hectares grêlés peuvent engendrer des pertes de plus d'un million de francs. Il est donc nécessaire de mettre en avant la répartition spatiale des capitaux "fruits" pour avoir une bonne vision de la géographie du risque-objet.

La pyramide (figure 35) identifie les types de départements qui sont cartographiés avec la même légende sur la (carte 63). Nous les exposons par ordre croissant de **vulnérabilité** du risque-objet. La carte 63 est à rapprocher de celle du risque-agent (établie en conclusion de première partie) qui détermine le degré d'**exposition** du risque-objet.

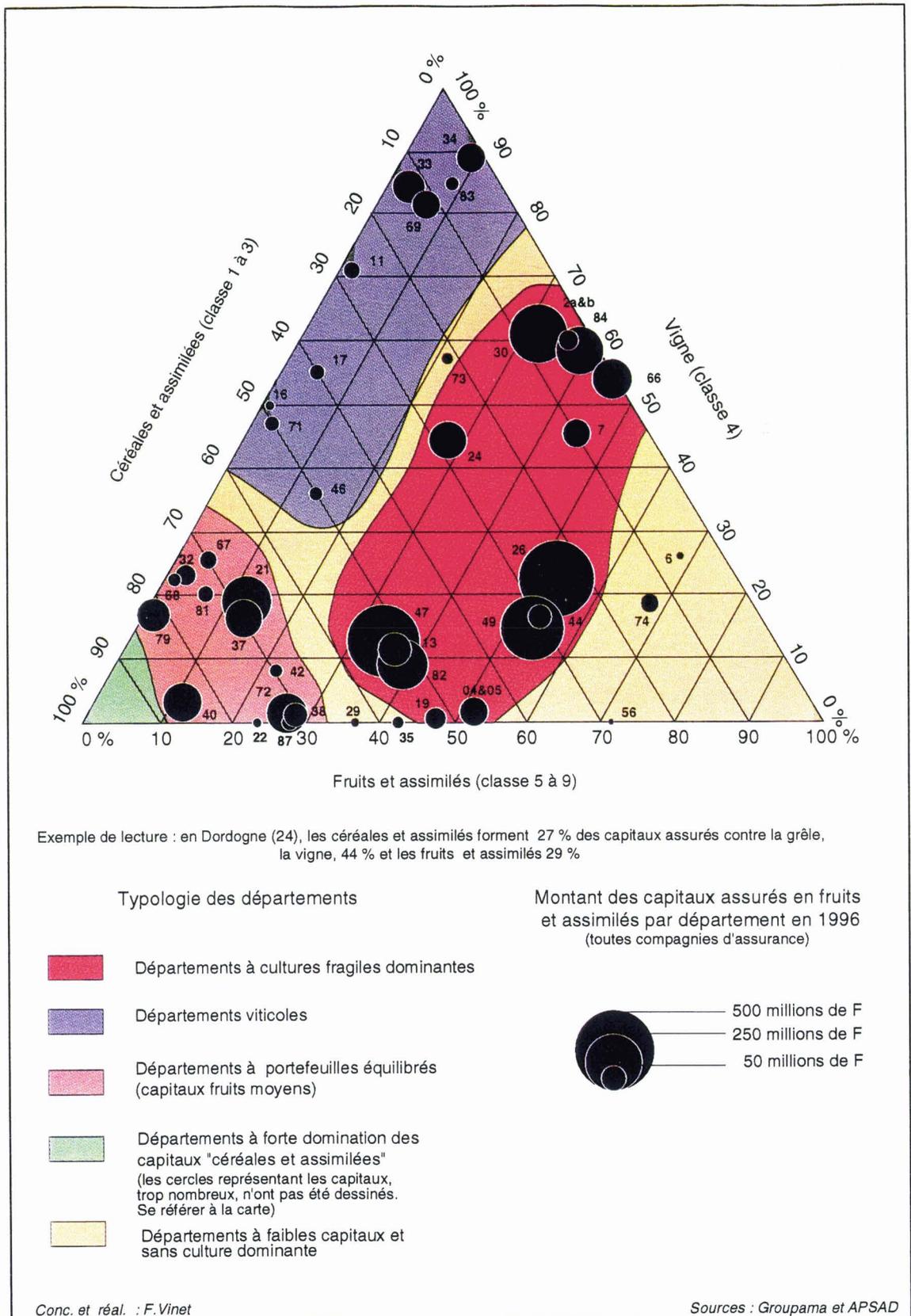
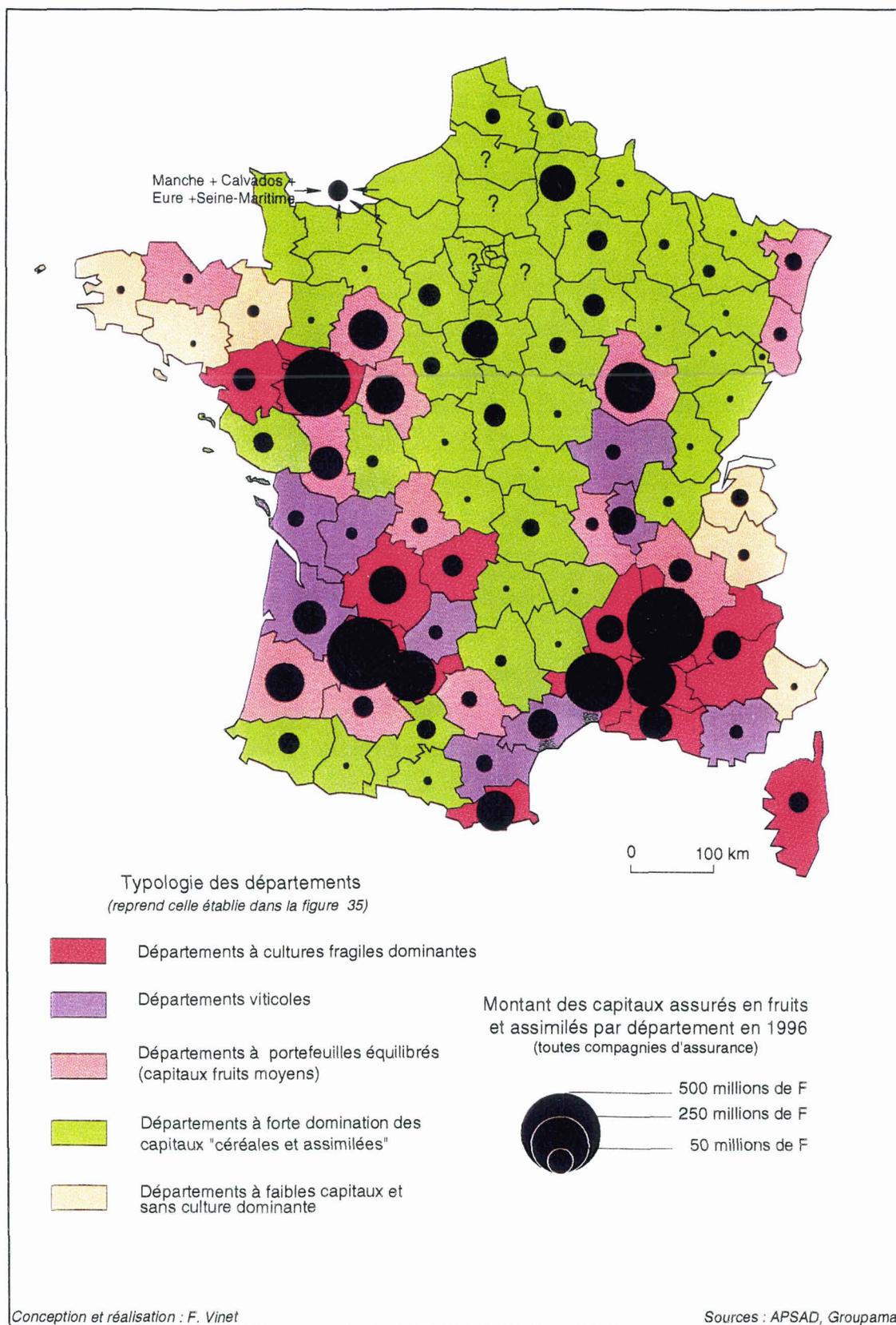


Fig. 35 - La vulnérabilité des départements français face au risque-grêle sur récolte : essai de typologie



Carte 63 - Les départements français face au risque-grêle sur récolte : carte typologique

* Les départements où les céréales constituent plus de 85 % des capitaux assurés (en vert) ont une bonne répartition du risque. Le risque-objet est peu vulnérable et les chutes de grêle mettent rarement en péril l'équilibre financier des assureurs. Quelques départements peuvent avoir des sommes importantes engagées sur des cultures fragiles mais ces engagements sont compensés par de vastes surfaces de céréales et assimilés. Peu vulnérables, ces départements sont également peu exposés au risque-agent car situés dans la partie nord de la France où les chutes de grêle estivales potentiellement dommageables sont rares.

* Les départements du deuxième type (en rose saumon) ont des capitaux assurés assez bien répartis entre les trois grandes classes. La diversité des cultures est un gage de stabilité et de répartition du risque. Ces départements sont en majorité situés en marge des régions fruitières. Les frontières des départements ne concordant pas avec les régions agricoles, ce type est un type de transition entre les départements céréaliers et les départements fruitiers. C'est le cas autour du Maine-et-Loire où la Sarthe, l'Indre-et-Loire et les Deux-Sèvres font partie de ce groupe. La Côte d'Or fait une sorte de synthèse entre les cultures spécialisées du Couloir rhodanien et les grandes cultures du Bassin parisien. Le profil est un peu le même pour les départements alsaciens. Par rapport au risque-agent, ces départements sont en général situés dans des zones de risque élevé (Landes, Gers, Tarn, Loire) ou assez élevé (Alsace, Côte d'Or).

On pourrait rapprocher de ce type les deux Savoies et les Alpes-Maritimes où les capitaux sont bien répartis entre grandes classes de cultures mais couvrent des sommes assez modestes. Les quatre départements bretons constitueraient à eux seuls un type tant leur originalité est forte.

* Le troisième type (violet) regroupe neuf départements à dominante viticole. Dans l'Hérault, la vigne constitue 90 % des capitaux assurés contre la grêle ; ce taux reste supérieur à 80 % dans le Rhône, la Gironde et le Var. Bien que le raisin soit une récolte moins sensible que les fruits, les sommes engagées augmentent le risque. Cependant, les départements viticoles (Aude et Hérault, Gironde, Charentes) ne coïncident pas avec les espaces les plus exposés aux chutes de grêle. Seuls le Lot, le Rhône et la Saône-et-Loire sont, dans ce groupe, géographiquement très exposés au risque-agent.

* Enfin, seize départements (en rouge sur le figure 35 et la carte 63) se distinguent par un poids relatif et absolu particulièrement élevé des fruits et légumes. Les deux pôles

fruitiers sont la moyenne vallée de la Garonne et la basse vallée du Rhône. La Drôme et le Lot-et-Garonne se détachent avec chacun plus de 400 millions de francs de fruits et assimilés assurés soit respectivement 53 et 34 % des capitaux assurés du département. Ils cumulent plus de 20 % des capitaux assurés en fruits et assimilés en France. Autour de ces deux départements se groupent d'autres départements à forte composante fruitière (tableau 39) : Vaucluse, Ardèche, Gard, Bouches-du-Rhône, Hautes-Alpes et Alpes-de-Haute-Provence dans le Sud-Est ; Tarn-et-Garonne, Dordogne et Corrèze dans le Sud-Ouest. Les 10 premiers départements regroupent 57 % des capitaux ; sur ces dix, trois seulement (Maine-et-Loire, Sarthe et Côte d'Or) ne sont pas de la Moyenne Garonne ou du Bas-Rhône. Il faut ajouter la Corse (surtout Haute-Corse) et le Roussillon. Le seul ensemble non méridional où le risque-objet est particulièrement élevé est la basse vallée de la Loire. Le Maine-et-Loire est le troisième département pour les capitaux assurés en cultures fragiles avec près de 350 millions de francs en 1996. On notera qu'en Loire-Atlantique les fruits et assimilés représentent plus de 50 % des capitaux assurés. Le vignoble du Muscadet est très peu assuré contre la grêle.

Tableau 39 - Répartition des capitaux assurés par grande région fruitière en 1996

régions	départements	capitaux "fruits et assimilés" assurés (en millions de Francs)	% du total français
Bas-Rhône et Alpes du Sud	26, 30, 84, 13, 04+05, 07	1105	26
Moyenne-Garonne + Dordogne	47, 82, 24, 33	796	19
Val-de-Loire	49, 72, 37,44	621	15
Total trois régions	(15 départements)	2522	60
France	tous départements sauf DOM	4232	100

Source : Groupama, APSAD

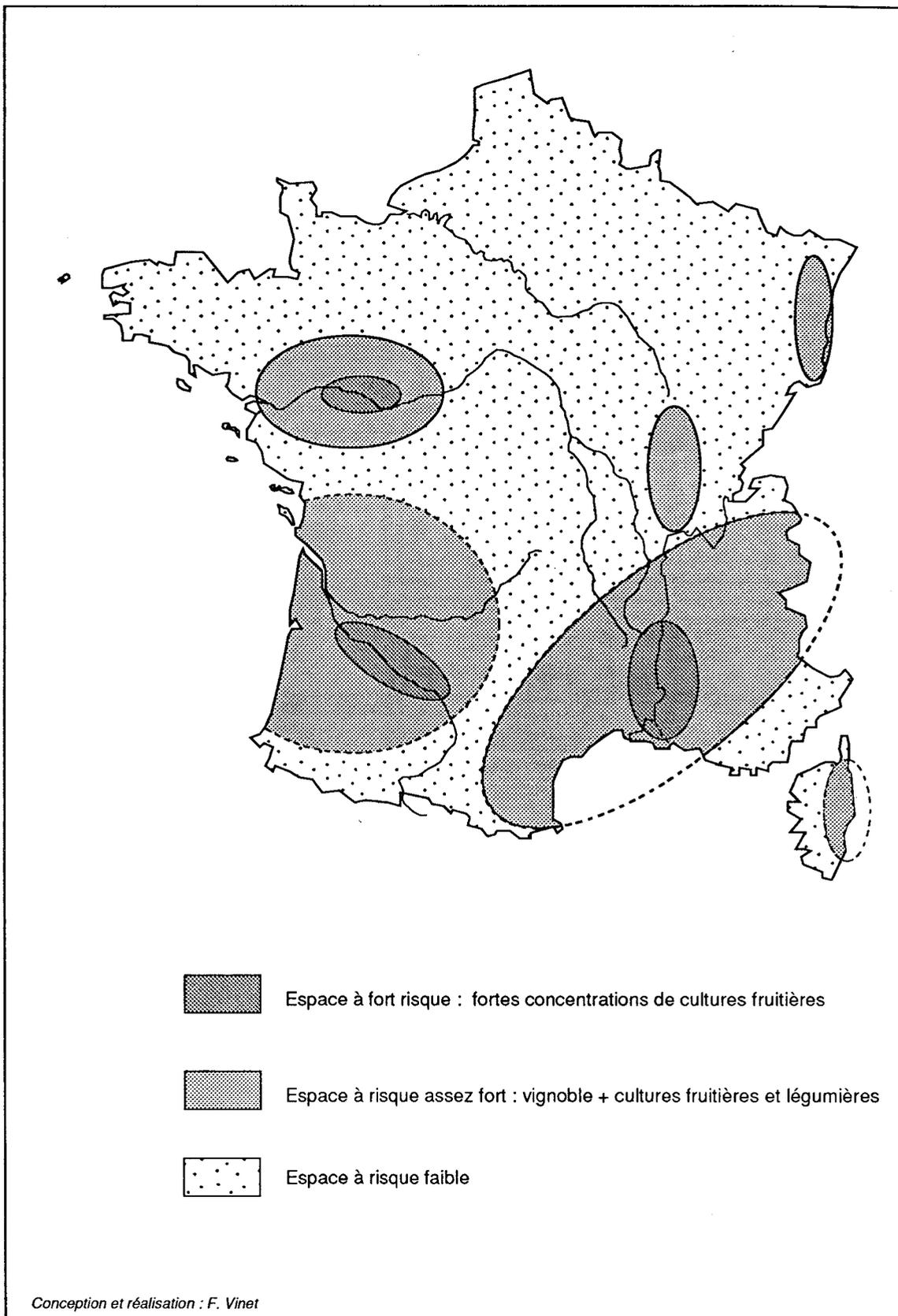
Finalement, on observe une répartition des départements par cercles concentriques autour des deux pôles du risque : le Sud-Ouest et la basse vallée du Rhône et un pôle secondaire le Val-de-Loire. Autour s'étendent des départements à risque moyen : départements à capitaux "fruits" moyennement élevés et à portefeuilles diversifiés et départements viticoles. Restent les départements à risque faible : départements montagneux peu cultivés ou départements à vastes surfaces de cultures peu sensibles.

Conclusion

La grêle est, en France, le risque climatique le plus étroitement dépendant de l'assurance privée. L'assurance-grêle sur récolte fait l'objet d'un marché concurrentiel. Elle est un **instrument de prise en charge du risque-grêle**. C'est aussi pour le géographe-climatologue un **outil de mesure du risque**. Elle traduit en termes financiers la sensibilité des plantes aux chutes de grêle. Elle chiffre la valeur des biens garantis. **La combinaison de la sensibilité physiologique et de l'enjeu financier détermine la vulnérabilité du risque-objet.**

La tendance actuelle est à un rôle de plus en plus grand des assureurs dans la prise en charge des risques naturels en France. Nous l'avons vu pour le risque tempête qui est passé progressivement du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles (loi de 1982) au régime assurantiel. La grêle, gérée depuis deux siècles par les assureurs, est peut-être un précurseur de ce qui pourrait se développer pour d'autres risques agricoles comme le gel de printemps qui connaît des tentatives d'assurance depuis une quinzaine d'années.

Une longue période historique d'affirmation a permis aux assureurs d'accumuler des statistiques nécessaires à l'établissement des conditions des contrats d'assurances (garanties, tarifs...) et qui a dessiné la géographie actuelle de l'assurance. Nous avons pu disposer des données couvrant l'ensemble des compagnies d'assurance-grêle en France. Le travail sur les fichiers "Garanties" c'est-à-dire les capitaux assurés, les surfaces et les primes versées (lorsqu'elles sont disponibles) nous donne une photographie de la couverture des cultures par l'assurance. L'assurance est donc une mesure de la sensibilisation des agriculteurs au risque-grêle à un moment donné. Une première conclusion concerne la distinction entre le risque-objet potentiel et le risque assuré. **La géographie du risque-objet n'est pas celle du risque assuré.** Seule la moitié des surfaces cultivées potentiellement sensibles à la grêle est couverte par l'assurance. Le taux de couverture est variable selon les régions et les cultures. La Bretagne est la région où les cultures sont très peu assurées (à peine 5 %). En revanche, la Beauce et le Bassin parisien en général bénéficient d'un pourcentage de surface assurée parfois proche de 100 %. Ce sont les régions où se développa en premier l'assurance-grêle.



Carte 64 - Les espaces du risque-objet assuré

À la question "le pourcentage de surfaces assurées contre la grêle est-il une mesure de la sensibilisation des agriculteurs au risque-agent ?", la réponse est nuancée. Les facteurs qui déterminent le taux de couverture des cultures (c'est-à-dire la propension ou non des agriculteurs à s'assurer) par l'assurance-grêle sont nombreux. Ils dépendent en grande partie du contexte socio-économique, de la tradition historique voire du comportement culturel de chaque région. Le taux de couverture ne reflète l'intensité du risque-agent qu'à l'échelle régionale et pour des types de culture homogènes comme la vigne en Champagne.

La géographie de la prise de conscience du risque par les agriculteurs n'est pas la géographie du risque agent. On ne s'assure pas forcément où les chutes de grêle sont les plus fréquentes ou les plus violentes. C'est d'ailleurs pour les assureurs une constatation heureuse qui garantit une certaine dispersion du risque et permet aux régions peu touchées par la grêle de compenser les pertes des régions très sinistrées.

Néanmoins, et c'est la conclusion majeure de cette étude du risque-objet, on observe une **double concentration du risque-objet**.

- Tout d'abord, une concentration économique : les fruits qui couvrent 2,2 % des surfaces forment 9 % des capitaux assurés et près de 30 % des encaissements des assureurs. Ce sont les arboriculteurs, les horticulteurs et les maraîchers qui risquent le plus (risque-objet) car les **cultures fruitières sont les plus vulnérables** et celles qui concentrent le plus de capital à l'hectare. La vigne vient ensuite puis les céréales et assimilées (maïs, colza, tournesol...). Il y a donc une concentration des enjeux financiers sur de faibles surfaces de cultures très fragiles et à haute valeur.

- Cette concentration économique se double d'une **concentration géographique** (carte 64). Les cultures fragiles se concentrent dans quelques départements : la Drôme et le Lot-et-Garonne concentrent à eux seuls 20 % des capitaux assurés en cultures fragiles essentiellement fruitières dans ces deux départements. La plupart des cultures fragiles assurées contre la grêle se concentrent dans la vallée de la Garonne et dans le Bas-Rhône. Or ces régions sont de surcroît fortement exposées au risque-agent. Il y a coïncidence spatiale entre les cultures vulnérables et l'exposition aux chutes de grêle. Cette coïncidence répond en partie à des exigences climatiques. La chaleur d'été est un facteur nécessaire à la croissance des fruits. Or cette même chaleur estivale, apanage des régions méridionales favorise les orages et les chutes de grêle. **Les régions climatiquement les plus favorables aux fruits sont aussi les plus grêlifères.**

L'étude du risque-objet donne une vision du risque potentiel. L'occurrence de chutes de grêle sur les cultures entraîne des dommages que les assureurs appellent la

réalisation du risque. La géographie du risque réalisé (les dommages) mesure la combinaison du risque-objet et du risque agent. Les dommages répondent-ils à la concentration du risque-objet par une même concentration géographique ? Y a-t-il coïncidence entre les dommages financiers et le risque-agent ?

Chapitre 6

La réalisation du risque :

les dommages de la grêle en France

- 1- Les dommages indemnisés
- 2- Les dommages globaux :
l'impact de la grêle sur l'agriculture française
- 3- Les relations entre les dommages et le risque-agent

Chapitre 6

La réalisation du risque :

les dommages de la grêle en France

Introduction

La phase ultime de quantification du risque est l'étude des dommages de la grêle sur les récoltes. L'assurance est un moyen de mesure du risque car elle traduit en termes financiers les dégâts physiologiques de la grêle sur la plante. Il y a plusieurs façons d'apprécier les dommages de la grêle sur récoltes en France. Nous étudierons d'abord les **dommages sur les cultures assurées**. C'est la quantification la plus fiable des dommages. Mais on a vu précédemment que le risque-objet n'est pas totalement pris en charge par les assureurs. On ne dispose pas d'information concernant les dommages de la grêle sur les cultures non assurées. Notre échantillon de travail représente à peu près la moitié des cultures potentiellement assurables.

Nous tenterons donc dans un deuxième temps d'**extrapoler, à partir des chiffres de l'assurance, les pertes totales dues à la grêle en France**. Quel est le coût de la grêle pour l'agriculture française dans son ensemble ? Quelle est la part annuelle du produit agricole détruite par les chutes de grêle ?

Enfin, nous examinerons les **relations entre le risque-agent et les dommages**. Peut-on corrélérer significativement les paramètres physiques des chutes de grêle (fréquence, intensité...) aux pertes financières des assureurs ? Quelle est, de l'intensité ou de la fréquence des chutes de grêle, le paramètre qui explique le mieux les dommages financiers ?

1- Les dommages indemnisés

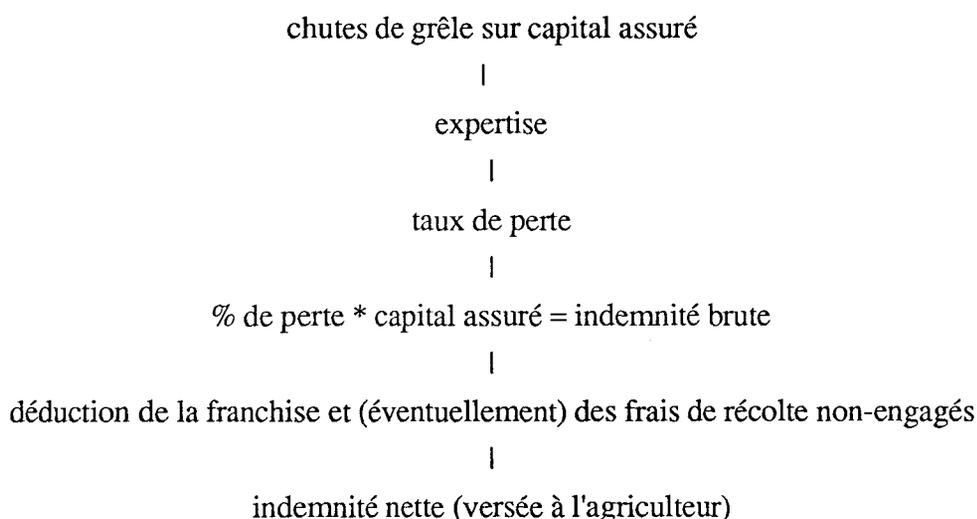
1.1- Données disponibles et précautions méthodologiques

Le travail de ce chapitre concerne les dommages qui sont la traduction financière des dégâts laissés par la grêle sur les végétaux. On utilise alors les fichiers "Sinistres" des assureurs. Ces fichiers regroupent les informations des déclarations de sinistres faites par l'agriculteur à son assureur et les avis d'indemnisation envoyés par l'assureur à son client.

l'agriculteur à son assureur et les avis d'indemnisation envoyés par l'assureur à son client.

1.1.1-Le calcul des indemnités

Les données fournies par l'assurance ne reflètent qu'une partie des dégâts de la grêle sur les récoltes : ce sont les indemnités versées aux agriculteurs suite à un sinistre. Les conditions d'expertise et de règlement des sinistres ont été détaillées précédemment (Chapitre 5). Nous rappelons brièvement ici le mode de calcul de ces indemnités.



Prenons l'exemple d'une exploitation de trois hectares de vergers. La récolte est assurée pour 75 000 FF/hectare avec une franchise de 15 %. Après une chute de grêle ayant touché les trois hectares, le taux de perte s'élève à 50 %. L'indemnité brute sera donc de $75\,000 * 3 * 50\%$ soit 112 500 FF. Déduction faite de la franchise ($75\,000 * 3 * 15\%$ soit 33 750 FF), l'indemnité sera de 78 750 FF.

Les frais de récolte non-engagés sont déduits par certaines compagnies d'assurance lorsque que le taux de perte approche 100 % et ne justifie pas de récolte. Les sinistres dont le montant des pertes est inférieur à la franchise sont classés "sans suite". Il ne reste dans ce cas pas de trace des dégâts de la grêle sur les récoltes.

1.1.2- Données disponibles et choix des indicateurs

1.1.2.1- Dommages bruts et dommages relatifs

Le montant brut des dommages est intéressant car il donne la mesure du problème posé par la grêle dans tel ou tel département, les sommes en jeu. Ils illustrent surtout la concentration géographique des dommages.

Les dommages relatifs expriment les pertes rapportées aux capitaux assurés ou à l'ensemble des récoltes (y compris celles non assurées) : c'est la **sinistralité**. Ils permettent de comparer les dégâts de la grêle dans les départements français (notre échelle de travail) indépendamment du montant des capitaux assurés. Les dommages relatifs rendent aussi compte de la fréquence et de l'intensité moyenne de la grêle et peuvent être ainsi comparés au risque-agent.

1.1.2.2- La prise en compte de la variabilité interannuelle des données

La répartition spatiale des capitaux assurés ne subit guère de variations interannuelles (chapitre 5) ; c'est pourquoi nous nous sommes concentrés sur l'année 1996, dont les données sont fiables pour pratiquement tous les départements des fichiers Groupama et APSAD. En revanche, celle des dommages est très différente d'une année à l'autre. Elle dépend des chutes de grêle ; elle est donc imprévisible et *a priori* aléatoire. Souvent, le montant des dommages dépend à l'échelle d'un département d'une ou deux averses particulièrement violentes. Il n'était pas possible de s'arrêter aux seuls dommages de 1996 pour se faire une idée de la répartition des dommages de la grêle en France. Il est absolument nécessaire de lisser les chiffres des dommages sur quelques années de façon à diluer l'effet de telle ou telle averse sur un département ou un autre. Jusqu'en 1993, il n'est pas possible de reconstituer de façon fiable la répartition des dommages indemnisés, que ce soit par type de culture ou par département. Seuls certains départements disposaient de données fiables et les transmettaient à Groupama central. Les caisses régionales possédaient évidemment les chiffres nécessaires à l'établissement des cotisations des adhérents car sans résultat statistique, le risque n'est pas gérable. Mais ces chiffres soit étaient partiels et ne concernaient que les cultures stratégiques (fruits ou vigne), soit n'étaient pas transmis au niveau central de Groupama, les caisses régionales ayant une tradition d'indépendance (voir étude historique chapitre 5). A partir de 1994, la centralisation des données s'améliore à Groupama et en 1996, la plupart des caisses régionales établissent et communiquent à Groupama central des chiffres départementaux fiables. 1994 et 1995 sont deux années de transition. Certains départements sont encore

manquant ou ne fournissent que des résultats partiels dans la base Groupama. Nous avons donc reconstitué les chiffres des dommages dans ces départements pour ces deux années en plus de 1996.

C'est pour l'étude détaillée des dommages bruts à l'échelle départementale que les exigences sont les plus fortes. Deux écueils étaient à éviter :

- que la répartition spatiale des dommages indemnisés reflète la géographie du portefeuille de quelques compagnies d'assurances. Il fallait donc intégrer toutes les compagnies du marché (APSAD + Groupama) quitte à reconstituer les résultats de quelques départements pour Groupama.

- que la répartition spatiale des dommages indemnisés soit le plus possible indépendante des aléas spatio-temporels interannuels du risque-agent. C'est pourquoi nous avons intégré trois années : 1994, 1995 et 1996.

1.2- Les dommages bruts

1.2.1- Préparation et critique des données

Le montant moyen annuel des dommages indemnisés toutes cultures confondues s'élève sur les dix dernières années à un peu plus d'un milliard de francs. Nous avons vu précédemment que seules 1994, 1995 et 1996 étaient exploitables à des fins cartographiques. Nous avons donc cumulé les dommages de ces trois années en francs courants. Sur ces trois années, la transformation des francs courants en francs constants ajouterait un voile supplémentaire et inutile à la lisibilité des données. Les prix ont très peu évolué entre 1994 et 1996 et ce taux d'évolution est du même ordre de grandeur que la marge d'erreur que l'on peut prêter aux résultats extrapolés. On pourra juger que trois années offrent une base bien fragile pour juger de la répartition spatiale "moyenne" des dommages mais deux faits viennent valider le choix de ces trois années dicté en grande partie par l'état des sources. D'une part, ces années ont eu des sinistralités contrastées. À une année très sinistrée (1994 : 1455 millions de francs de dommages⁸⁰) ont succédé deux années assez peu grêlifères (1995 : 570 millions de francs et 1996 : 608 millions de francs¹). L'ensemble est assez proche de la moyenne interannuelle des dommages. D'autre part, les données Météo-France, celles de la presse (Argus de la Presse voir Fléaux atmosphériques, n°13, p.4. GNEFA) montrent que les averses de grêle ne se sont

⁸⁰ chiffres de l'Association Internationale des Assureurs Grêle

pas concentrées sur une seule région. Elles ont affecté autant le Sud-Est que le Sud-Ouest ou même le centre de la France. La géographie des chutes de grêle sur ces trois années est grossièrement conforme à la répartition moyenne des chutes de grêle d'été établie lors de l'étude du risque-agent (conclusion première partie). Se retrouve-t-elle dans la répartition des dommages absolus et relatifs ?

1.2.2- La répartition par cultures : la concentration des dommages sur les fruits

La répartition par type de culture montre que la réalisation du risque suit voire amplifie celle du risque-objet que nous avons mis en évidence (chapitre 5) par la comparaison des surfaces et des capitaux assurés (tableau 40).

Tableau 40 - Répartition des dommages indemnisés par type de culture

grande classe	part des dommages indemnisés (1994/95/96)	part des capitaux assurés ¹ (1994/95/96)	part des surfaces assurées (APSAD et Groupama 1996)
céréales et assimilées	36 %	74,2 %	92,7 %
vigne	26 %	17,3 %	5,2 %
fruits et assimilés	38 %	8,5 %	2,2 %
total	100 %	100 %	100 %

¹ : La répartition estimée des capitaux pour l'ensemble des trois années 1994, 1995, 1996 est pratiquement la même que celle de 1996 (châp 5) ce qui confirme la faible variabilité des capitaux d'une année à l'autre.

Les fruits ne couvrent que 2,2 % des surfaces contre 93 % pour les céréales et asssimilées. Pourtant, les montants des indemnisations versées par les assureurs pour ces deux grandes classes sont à peu près les mêmes. Le rapport entre la part des fruits dans les surfaces et leur part dans les dommages est de 1 à 17. Les fruits subissent 38 % des dommages alors qu'ils ne constituent que 8,5 % des capitaux assurés. En revanche la part des céréales et cultures assimilées est deux fois moindre dans les dommages (36 %) que dans les capitaux assurés (74 %). Pour la vigne, les résultats sont un peu plus équilibrés mais comme les cultures fruitières, la vigne est surreprésentée dans les dommages par rapport à sa place dans les capitaux assurés.

Ceci confirme la concentration des dommages (le risque réalisé) sur les cultures fragiles. La répartition économique des dommages amplifie la concentration du risque que laissait entrevoir l'étude du simple risque potentiel (chapitre 5).

1.2.3- La concentration géographique des dommages

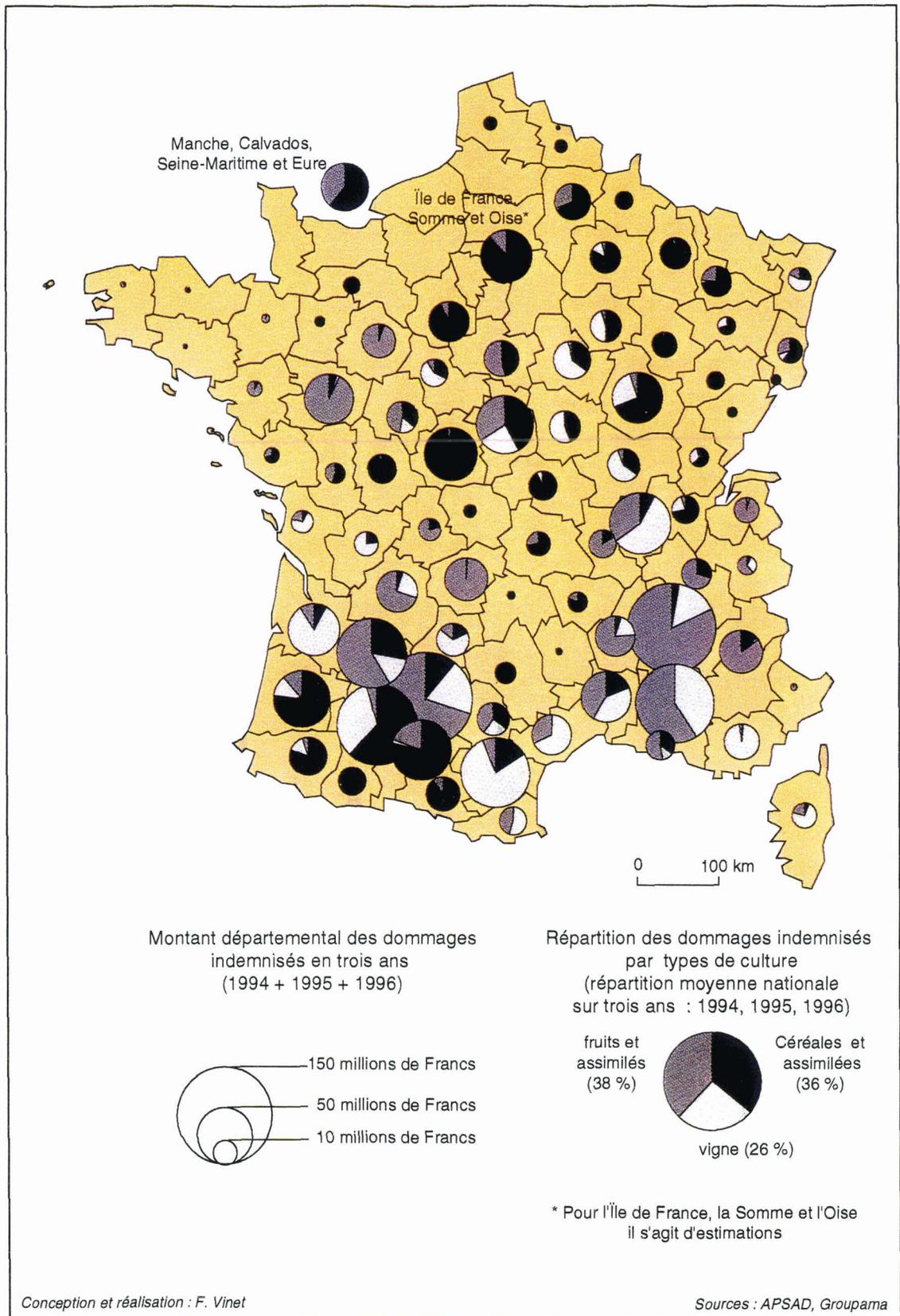
La répartition des indemnisations versées aux agriculteurs est très déséquilibrée (carte 65). Les dommages les plus graves se concentrent dans le Sud-Ouest, le Sud-Est et de façon plus dispersée dans le sud du Bassin parisien. La concentration spatiale des dommages est la plus forte pour les fruits (tableau 41). Les cinq départements les plus sinistrés en fruits et assimilés (La Drôme, le Tarn-et-Garonne, le Vaucluse, le Lot-et-Garonne et le Maine-et-Loire) cumulent plus de la moitié des 770 millions de francs versés au titre des indemnisations sur fruits et assimilés en trois ans. Pour les dix premiers cette proportion monte à 69 %. Pour les céréales, la dispersion est moins forte puisque les cinq premiers départements (Gers, Haute Garonne, Landes, Indre et l'ensemble Ile-de-France, Oise et Somme) ne totalisent qu'un tiers des dommages indemnisés. Il faudrait d'ailleurs minorer ce chiffre car on y inclut l'ensemble constitué de l'Ile-de-France, l'Oise et la Somme (qui ne peuvent être dissociées car certains contrats Groupama ne sont enregistrés qu'à l'échelon des caisses régionales).

Tableau 41 - La concentration des dommages indemnisés selon les types de culture (1994, 1995, 1996)

grande classe de culture	les cinq premiers* départements totalisent	les dix premiers* départements totalisent	reste de la France	total
céréales et assimilées	35 % des dommages	52,4 % des dommages	47,6 %	100 %
vigne	45,5 % des dommages	66,7 % des dommages	33,3 %	100 %
fruits et assimilés	52,8 % des dommages	69 % des dommages	31 %	100 %
toutes cultures confondues	31,9 %	48,6 %	51,4	100 %

* Les départements varient en fonction des cultures (voir texte)

Toutes cultures confondues, les cinq premiers départements regroupent 32 % des sommes versées aux agriculteurs. Ce sont d'ailleurs des départements fruitiers (Tarn-et-



Carte 65 - Répartition départementale des dommages indemnisés par les assureurs-grêle de 1994 à 1996

Garonne, Drôme, Vaucluse, Gers et Lot-et-Garonne) à l'exception du Gers où les dommages concernent majoritairement les céréales.

Le Sud-Ouest (régions Midi-Pyrénées et Aquitaine sauf l'Aveyron) totalise un tiers des dommages pour l'ensemble des cultures (Tableau 42). La répartition des dommages reflète la diversité des cultures du Sud-Ouest. Il est significatif que le Gers soit le département français le plus sinistré sur les céréales alors qu'il est largement dépassé pour les surfaces assurées par les départements du Bassin parisien.

Le Sud-Est (Couloir rhodanien, Languedoc et PACA) concentre 30 % des deux milliards de francs d'indemnisations versés mais respectivement 40 % et 46 % des dommages sur fruits et sur vigne.

Tableau 42 - La concentration des dommages dans le sud de la France.

grands ensembles régionaux	céréales et assimilées	vigne	fruits et assimilés	ensemble des cultures
Sud-Ouest	37 %	30,8 %	30 %	32,8 %
Sud-Est	6 %	46,3 %	40 %	30 %
reste de la France	57,2 %	22,9 %	30,1 %	38,2 %
France entière	100 %	100 %	100 %	100 %

Le reste des dommages est dispersé. On notera tout de même que les départements du sud du Bassin parisien sont plus touchés que ceux du nord alors qu'ils ont des capitaux assurés grossièrement semblables (voir ci-dessus chapitre 5) On retrouve le gradient décroissant sud-nord de l'intensité des chutes de grêle. Pour saisir la comparaison, il faut dépasser les dommages bruts. Le véritable impact de la grêle sur les récoltes se mesure par la mise en rapport des dommages avec les capitaux assurés.

1.3- Les dommages relatifs

1.3.1- Définition et calcul de la sinistralité

La sinistralité désigne le rapport entre les dommages et le capital assuré. Elle permet d'apprécier la part annuelle des capitaux emportés par la grêle. La sinistralité est utilisée par les assureurs pour établir les tarifs des cotisations. Les climatologues américains

(Neill J.C. et *alii*, 1979 ; Neill J.C., 1981 ; Changnon S.A. et Changnon D., 1997) l'utilisent depuis longtemps aux Etats-Unis pour cartographier les dommages de la grêle et les comparer au phénomène climatique (fréquence de la grêle).

1.3.1.1- Un indicateur fiable : le taux de prime pure

L'indicateur le plus commode et le plus communément employé pour apprécier la sinistralité annuelle d'un espace donné (pays, département...) est le taux de prime pure.

Le taux de prime pure est le rapport des indemnités versées aux agriculteurs sur les capitaux assurés appelé S/K et exprimé en pourcentage (avec S = sinistres (indemnités versées aux agriculteurs) et K = capitaux assurés). Les indemnités sont calculées en fonction du pourcentage de perte sur le capital assuré. Le taux de prime pure est donc indépendant des fluctuations monétaires, de l'évolution des capitaux et des taux de cotisations pratiqués par les assureurs.

Ce taux est donc le plus fréquemment employé par les assureurs pour évaluer le risque financier lié aux chutes de grêle sur un espace donné et sur la longue durée. Si le risque-grêle est tarifé au plus juste, il doit suivre la sinistralité. Le S/K est considéré comme le meilleur indicateur du risque réalisé et mesuré c'est-à-dire de la sinistralité. Les longues séries statistiques de taux de prime pure permettent de calculer des moyennes sur de longues périodes, de déceler des tendances....pour évaluer les pertes dues à la grêle sur les cultures assurées en particulier dans les nombreuses études (Changnon D. et Changnon S.A., 1997 ; Neill J.C., 1981) menées aux États-Unis.

1.3.1.2- Les limites du taux de prime pure

Le S/K total (toutes cultures confondues) pour un département rend compte de la sinistralité globale due à la grêle. Mais il est dépendant de la répartition des capitaux par type de culture dans ce département. Les pertes pour une chute de grêle de même intensité sont plus élevées sur les cultures fragiles (garanties en perte de qualité) que sur les céréales. Le S/K total (toutes cultures confondues) est en fait utilisé comme un indicateur de risque financier global pour les assureurs. En revanche si l'on veut comparer la sinistralité au risque-agent, il faut procéder par type de culture comme nous l'avons fait dans l'étude des capitaux assurés : céréales et assimilées, vigne, fruits et assimilés. Le problème se pose moins aux États-Unis où les cultures des comtés du Middle-West sont plus homogènes (céréales et assimilées dans leur écrasante majorité) que celles de nos

départements français. Les auteurs américains (Changnon S.A. et Changnon D., 1997) utilisent le S/K toutes cultures confondues.

Les grandes classes de culture sont certes encore assez hétérogènes. En ne sélectionnant qu'une culture (blé, pommes, voire uniquement les pommes golden...), la géographie de la sinistralité se rapprocherait de la géographie des chutes de grêle. Cependant cela restreindrait l'échantillon et augmenterait la variabilité interannuelle. Lorsque le capital assuré est trop faible (cultures peu étendues dans le département), la sinistralité est très variable d'une année à l'autre. C'est le deuxième point faible du taux de prime pure : plus les surfaces assurées sont faibles, plus la série historique du S/K doit être longue pour approcher la sinistralité moyenne. Cette contrainte est inhérente à la variabilité spatio-temporelle des chutes de grêle. Les géographes-climatologues américains qui étudient depuis des années la grêle accompagnent leurs études du S/K d'un seuil de significativité. Neill J.C. (1981), pour une étude historique du S/K sur une trentaine d'années dans le Middle West, retient comme seuil de significativité un cumul de capitaux assurés de 2 millions de dollars par comté sur la période étudiée. Nous avons exclu les départements dont le capital assuré est jugé non significatif à savoir moins de un million de francs (en moyenne annuelle francs constants sur la période 1983/1996).

1.3.1.3- Choix des données

Pour apprécier la sinistralité grêle, il faut une série historique assez longue afin de lisser la variabilité interannuelle des chutes de grêle. Les données "capitaux assurés" et "indemnités versées" des sociétés APSAD sont disponibles pour la période 1983-1996 pour tous les départements. Seuls manquent les résultats de quelques sociétés en 1983 et 1984 représentant quelques 10 % du marché national. Pour Groupama, certains départements sont renseignés sur certaines années de la période 1983-1993. Cependant la qualité des données Groupama est très variable d'une année à l'autre et d'un département à l'autre.

Il nous a semblé préférable de ne pas intégrer les données Groupama de ces départements et de ne conserver que les données APSAD garantissant ainsi l'homogénéité de l'échantillon. Inclure les données Groupama dans certains départements sans le faire dans d'autres aurait faussé la vision géographique de la sinistralité. En revanche les chiffres Groupama nous ont permis de confirmer la validité des données APSAD sur certains départements. La comparaison des S/K APSAD avec ceux de Groupama sur une ou deux années n'est d'ailleurs qu'approximative. Elle n'indique que des ordres de grandeur puisque chaque parcelle est assurée dans l'un ou l'autre des deux organismes.

Les S/K APSAD et Groupama ne peuvent se confondre que lorsque les parcelles APSAD et celles assurées par Groupama sont mélangées (ce qui est impossible à vérifier à notre échelle de travail) et si l'échantillon APSAD est assez vaste. On a supposé que, sur la longue durée et pour des échantillons significatifs, la sinistralité APSAD reflète la sinistralité de l'ensemble du marché.

1.3.2- La sinistralité-grêle en France

Le taux de sinistralité (S/K) moyen sur la période 1983/1996 (marché APSAD) est de 1,68 %. Cela ne concerne que les indemnisations versées aux agriculteurs assurés. Les différences sont très fortes d'un département à l'autre en fonction des types de culture.

1.3.2.1- La sinistralité globale

La sinistralité globale reflète les dommages relatifs moyens engendrés chaque année par la grêle toutes cultures confondues. Les chiffres dépassent 10 % en Corrèze et dans les deux départements sud alpins : Alpes-de-Haute-Provence et Hautes-Alpes. Dans ce dernier département, le taux est maximal avec 13,97 %. Cela signifie que, sur l'échantillon APSAD, -mais on peut l'estimer représentatif- la grêle ampute la valeur des livraisons végétales d'un septième. Dans ces départements, les chutes de grêle sont donc un enjeu pour les assureurs, les agriculteurs... Les dix départements les plus sinistrés appartiennent à la moitié sud de la France. Le onzième est le Maine-et-Loire avec un taux de sinistralité moyen annuel de 4,63 %. Le Nord-Est de la France semble moins touché : les taux de sinistralité ne dépassent pas 2 %. Dans le Nord-Ouest et le Bassin parisien, la sinistralité moyenne annuelle est inférieure à 1 % avec un minimum dans les Côtes-d'Armor (0,18) et dans le Pas-de-Calais (0,25). On retrouve le gradient nord-sud déjà maintes fois évoqué. Mais le taux particulièrement fort de certains départements s'explique par la dominance des cultures fruitières dans les cultures assurées, c'est le cas de la Corrèze où les capitaux assurés sont principalement fruitiers alors que ceux des départements voisins sont plus diversifiés. Le S/K global est en fait un indicateur de sinistralité intéressant pour les assureurs. Mais cette sinistralité est fort variable selon les cultures. **Pour tenter une comparaison géographique entre la sinistralité-grêle et le risque-agent, il faut raisonner par type de culture.** Retrouve-t-on dans la géographie des dommages celle du risque-agent ?

1.3.2.2- La sinistralité sur les céréales et les cultures assimilées

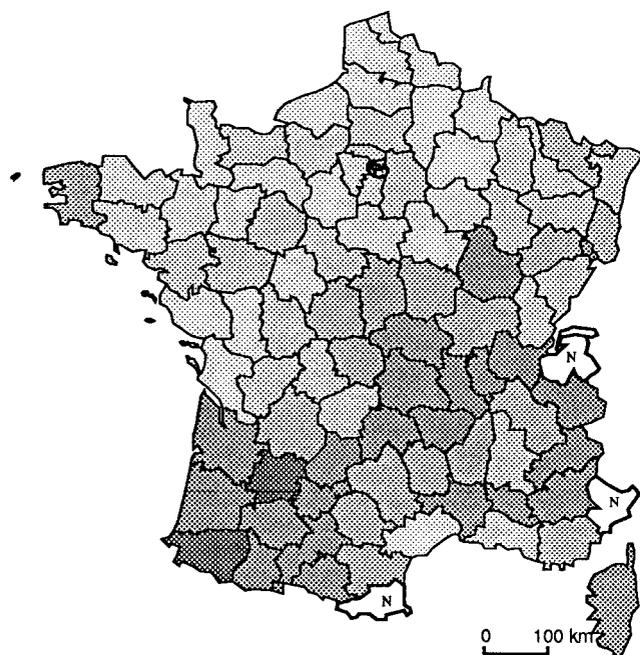
Les dommages relatifs de la grêle sur les céréales (carte 66) sont plus faibles que sur la vigne et les fruits. La faible sinistralité des céréales s'explique par la faible sensibilité de la plante aux grêlons mais aussi par l'étendue des surfaces, la faiblesse des capitaux à l'hectare, bref par une répartition spatiale du risque. Le taux de sinistralité moyen national est de 0,9 % pour les céréales contre 2,5 % pour la vigne et 7,2 % pour les cultures fruitières et assimilées. Le taux départemental maximal est de 4,85 dans la Haute-Loire. Les surfaces sont peu étendues (capital de 15 millions de francs constants par an soit 2000 à 2500 hectares) mais suffisantes pour exclure l'effet d'une chute de grêle qui aurait touché une année une grande partie du capital assuré. D'ailleurs sur 14 années, 6 dépassent ce chiffre. La médiane est donc proche de la moyenne. La sinistralité forte est due à des chutes de grêle fréquentes. Toute l'Auvergne a une sinistralité supérieure à 2 % annuel. Ces chiffres confirment les valeurs élevées de fréquence et d'intensité des chutes de grêle dans le Massif central (chapitre 1 et 2).

Mais c'est le Sud-Ouest qui est le plus touché : Les Landes, le Lot-et-Garonne, le Tarn-et-Garonne, le Gers et les quatre départements pyrénéens (Pyrénées-Orientales exclues) ont une sinistralité deux fois plus élevée que la moyenne nationale. Les taux diminuent vers le Tarn (1,23 %) et vers les Charentes qui sont déjà sous la moyenne nationale : 0,37 pour la Charente-maritime et 0,84 pour la Charente. On constate ici un gradient positif du littoral vers l'intérieur.

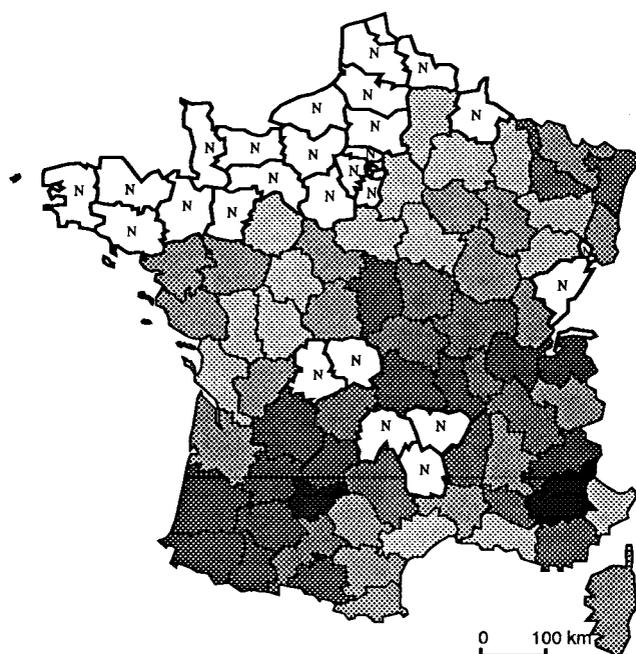
Outre le Sud-Ouest et l'Auvergne, la troisième région sinistrée est le Sud-Est mais avec de fortes disparités interdépartementales : 2,6 % dans le Rhône et en Savoie, 1,8 et 1,5 dans les Hautes-Alpes et les Alpes-de-Haute-Provence mais seulement 0,57 dans la Drôme. Les dommages diminuent dans les départements côtiers méditerranéens : 0,61 % dans les Bouches-du-Rhône et 0,17 dans l'Hérault. On remarquera que ces deux départements ont peu de cultures en arrière-pays. Les départements méditerranéens s'étendant largement dans l'arrière-pays (Var, Corse, Aude...) ont des taux de sinistralité assez élevés, supérieurs aux 0,9 % de moyenne française. Ceci confirme le gradient littoral--> intérieur vu dans la géographie du risque-agent.

Au nord d'une ligne La Rochelle-Nancy, les taux sont inférieurs à 1 %. La sinistralité est faible dans le Bassin parisien et l'Ouest. En Bretagne, les taux sont inférieurs à 0,3 sauf dans le Finistère (1,07 %). Pour ce dernier département, les capitaux sont peu élevés (1,5 million de francs) et les dommages se sont concentrés sur deux années 1988 (4,71 %) et 1990 (7,41 %).

Carte 66 - La sinistralité-grêle sur céréales et assimilées

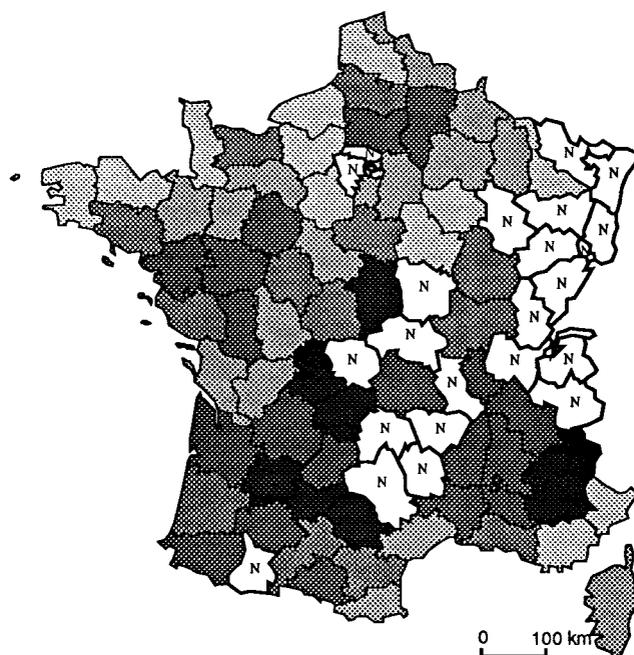
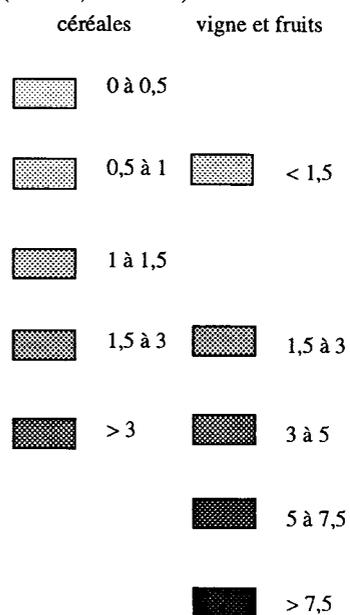


Carte 67 - La sinistralité-grêle sur vigne



Carte 68 - La sinistralité-grêle sur fruits et assimilés

Moyenne des taux de sinistralité (S/K) annuels
(APSAD, 1983-1996)



N : échantillon non significatif (capital moyen annuel inférieur à 1 000 000 de francs constants 1996)

F. Vinet

Source : APSAD

Cartes 66 à 68 - La sinistralité-grêle sur culture en France (1983-1996)

1.3.2.3- La sinistralité sur vigne

Pour la vigne, les dommages augmentent, en même temps que s'accroissent les différences régionales (carte 67). Le maximum départemental est de 9,1 % dans le Tarn-et-Garonne au cœur du Sud-Ouest. Le taux est un peu surévalué car il inclut les raisins de table de Moissac, beaucoup plus sensibles que les raisins à cuve du fait de leur consommation en frais. Sur ces raisins de table, les risques sont presque équivalents à ceux mesurés sur fruits frais. Dans le Sud-Ouest, le Lot-et-Garonne (7,1 %), la Dordogne, le Lot, le Gers, les Landes, les Pyrénées-Atlantiques et les Hautes-Pyrénées les taux de sinistralité sont supérieurs à 5 % ; cela signifie que la grêle détruit au moins 5 % des récoltes annuelles. Les taux diminuent vers le nord (Gironde : 1,72 %) et vers l'est : "seulement" 3,63 % en Haute-Garonne, 2,27 % dans le Tarn et 2,05 % dans l'Aude.

Dans le grand Sud-Est, les taux sont conformes à la hiérarchie établie pour les céréales avec une sinistralité très forte dans les Hautes-Alpes et les Alpes-de-Haute-Provence. Dans le Nord-Est, les chiffres varient de 1,32 % (Haute-Saône) à 4,4 % (Meurthe-et-Moselle). Les surfaces viticoles sont peu étendues.

Les vignobles proches de la limite septentrionale de culture (Val-de-Loire et Champagne) ont des taux inférieurs à la moyenne nationale.

1.3.2.4- La sinistralité sur les cultures fragiles (fruits et légumes)

La sinistralité moyenne de 7,2 % sur les cultures fragiles cache des différences régionales plus fortes encore que pour la vigne ou les céréales (carte 68). Les S/K départementaux vont de 0 (Côtes d'Armor avec un capital annuel assuré de plus de 2 millions de francs soit 50 hectares environ) à 14 et 16,73 % dans les Alpes-de-haute-Provence et les Hautes-Alpes. **Dans ces départements, ce serait donc un sixième de la valeur de la production qui serait reversé aux agriculteurs sous forme d'indemnités suite à des chutes de grêle.** Dans le Sud-Est, les taux restent élevés. Malgré la vingtaine de départements manquant dans le Massif central et dans l'Est (données indisponibles ou capital trop faible), on perçoit la même géographie des dommages que pour les autres cultures. Les départements les plus sinistrés prennent la France du sud en écharpe depuis les Landes jusqu'au Massif central et au grand Sud-Est épargnant les côtes méditerranéennes. Conformément au schéma déjà évoqué, les taux de sinistralité diminuent vers le Bassin parisien et le Nord-Ouest.

Cependant ce qui frappe dans l'analyse de la sinistralité sur fruits et assimilés, c'est le maintien de taux assez forts dans la moitié septentrionale de la France alors que, pour les autres cultures, les taux diminuent nettement et sont assez homogènes dans tout le Nord-Ouest et le Bassin parisien. Pour les fruits, on observe des taux supérieurs à la moyenne nationale dans le Cher (8,82 % soit plus que dans le Tarn-et-Garonne) et encore 5,91 % dans le Maine-et-Loire et plus de six dans l'Oise et la Sarthe. La comparaison entre le Maine-et-Loire et le Lot-et-Garonne (Tableau 43) illustre cette originalité de la géographie des dommages sur les cultures fragiles. Alors que pour les céréales, le rapport entre les deux S/K départementaux est de 1 à 6, il n'est que de 1 à 1,5 pour les fruits. Il y a donc une plus grande homogénéisation du risque à l'échelle interrégionale pour les fruits. En clair, même les départements de la partie nord de la France peuvent souffrir de taux de sinistralité assez forts sur fruits, plus forts en tout cas que ne laisseraient augurer les taux sur céréales.

Tableau 43 - Comparaison de la sinistralité dans le Maine-et-Loire et le Lot-et-Garonne

département	S/K moyen céréales	S/K moyen vigne	S/K moyen fruits
Maine-et-Loire (en %)	0,52	1,79	5,91
----> en indice	100	100	100
Lot-et-Garonne (en %)	3,12	7,08	8,75
en indice (Maine-et-Loire = 100)	600	396	148

Données APSAD, 1983-1996

On ne peut arguer de l'effet statistique qu'aurait eu telle averse de grêle exceptionnelle car ces départements ont des surfaces assurées très vastes. Il faut certes tenir compte des différentes espèces (les pommes majoritaires dans le Maine-et-Loire étant plus sensibles que les prunes largement cultivées en Lot-et-Garonne). Mais une explication est sans doute à chercher dans la sensibilité des fruits aux faibles averses. En effet, d'après les experts des assurances, un grêlon de 2,5 mm de diamètre serait susceptible de causer des dommages sur un fruit. Le seuil d'occurrence de dégâts est plus élevé sur céréales. De plus, les fruits sont garantis en qualité. Une imperfection entraîne le déclassement du fruit. Les fruits sont donc sensibles aux chutes de grêle de faible intensité. Or la comparaison des données occurrenceielles Météo-France (diamètre = 0,5 mm) avec les données grêlimétriques (diamètre = 0,8 mm) a montré (chapitre 2) que les

chutes sont moins intenses dans le nord que dans le sud de la France, mais la fréquence au seuil de 0,5 mm y est presque aussi élevée. Les dommages sur fruits s'expliqueraient, toute chose égale par ailleurs, autant par la fréquence des chutes de grêle que par leur intensité. C'est ce que nous aurons à vérifier par la comparaison à échelle fine des dommages et des données grêlimétriques.

Si les répartitions spatiales des sinistralités sur les différentes cultures coïncident globalement (Carte 66 à 68), on observe des différences entre départements aux affinités grêlifères pourtant certaines. Nous ne pouvons énumérer tous les cas mais le problème posé par la géographie de la sinistralité peut être résumé par la comparaison de deux départements : le Rhône et la Drôme. La fréquence et l'intensité des chutes de grêle sont assez élevées dans chacun des départements. A titre comparatif, nous rappelons les chiffres des énergies moyennes annuelles relevées par la grêlimétrie dans la Loire et le sud de la Drôme (tableau 44).

Tableau 44 - Comparaison de la sinistralité par culture entre le Rhône et la Drôme

Département	S/K moyen annuel céréales et ass.*	S/K moyen annuel vigne*	S/K moyen annuel fruits et ass.*	énergie moyenne annuelle en J.m ⁻² **	fréquence moyenne annuelle de la grêle (en % des grêlimètres touchés)**
Drôme	0,57	2,9	7,29	14	34
en indice	100	100	100	100	100
Rhône	2,6	3,19	5,65	38	37,5
en indice (Drôme = 100)	456	110	78	270	110

*Données APSAD, 1983-1996.

**Pour l'énergie moyenne annuelle, la source est l'ANELFA. Il n'y a pas de réseau grêlimétrique dans le Rhône, l'énergie est celle mesurée dans le département de la Loire.

En prêtant les données grêlimétriques de la Loire au département voisin du Rhône (mêmes dispositions synoptiques et topographiques : voir chapitre 3) l'énergie moyenne annuelle ponctuelle est plus forte dans ce département que dans la Drôme. La sinistralité sur céréales amplifie cette hiérarchie puisque le taux de sinistralité sur céréales est cinq fois plus élevé dans le Rhône que dans la Drôme. L'écart se resserre pour la vigne et

s'inverse pour les fruits. Pour ces derniers, le taux de sinistralité est plus élevé dans la Drôme que dans le Rhône.

La comparaison des dommages dans la Drôme et dans le Rhône met en lumière la complexité des facteurs déterminant l'ampleur des dommages. D'une part, la sinistralité ne répond pas de la même façon aux chutes de grêle suivant le type de culture considéré. **La sinistralité des céréales semble plus liée à l'intensité des chutes de grêle.** Il faut de fortes intensités pour que les céréales soient touchées. **En revanche la sinistralité sur fruit est plus sensible à la fréquence des chutes.** Il suffit en effet de petits grêlons pour déclencher des dégâts sur les fruits. On peut dire que **pratiquement toute chute de grêle provoque des dégâts sur fruits.**

Mais, les facteurs de sinistralité ne tiennent pas qu'aux chutes de grêle elles-mêmes. Ils tiennent en partie à la concentration spatiale des capitaux. On sait que par exemple les structures d'exploitation des vergers sont différentes entre ces deux départements. Dans le Rhône, les surfaces fruitières sont plus dispersées géographiquement et économiquement. L'arboriculture se pratique dans le cadre d'exploitations polyculturelles qui ont choisi les vergers comme diversification. Dans la Drôme, l'arboriculture est le fait de grosses exploitations spécialisées. La concentration économique et spatiale du risque-objet est plus forte. Nous aurons prendre en compte ces facteurs dans l'étude de la gestion du risque-grêle.

1.3.2.5- La variabilité interannuelle de la sinistralité

Aucun indicateur statistique ne met en évidence une distribution géographique originale de la variabilité interannuelle des taux de sinistralité. Nous n'avons travaillé dans ce qui précède qu'avec le taux de sinistralité moyen. On retrouve les mêmes tendances spatiales avec le taux de sinistralité médian (taux de sinistralité atteint ou dépassé un an sur deux). Bien que le phénomène ne soit pas général, on note une opposition plus forte entre le sud et le nord de la France avec les chiffres du S/K médian (tableau 45). Une comparaison systématique n'est guère possible tant la variabilité est sujette à de nombreux facteurs comme la répartition des cultures, les surfaces assurées... Cependant nous avons comparé (tableau 45) quelques départements aux capitaux assurés et aux sinistralités quasi semblables. La différence relative entre le S/K moyen et le S/K médian peut être considérée comme un indicateur de la variabilité interannuelle de la sinistralité. En effet, lorsque les deux ont des valeurs proches, cela signifie que les années à faible sinistralité et les années à forte sinistralité s'équilibrent. En revanche dans le cas où le S/K médian est inférieur au S/K moyen, ce dernier est dû à quelques fortes valeurs que compensent de

nombreuses années à faible sinistralité. Plus le rapport S/K médian /S/K moyen est faible plus la variabilité interannuelle des dommages est forte.

Tableau 45 - Comparaison des taux de sinistralité médian et moyen dans quelques départements

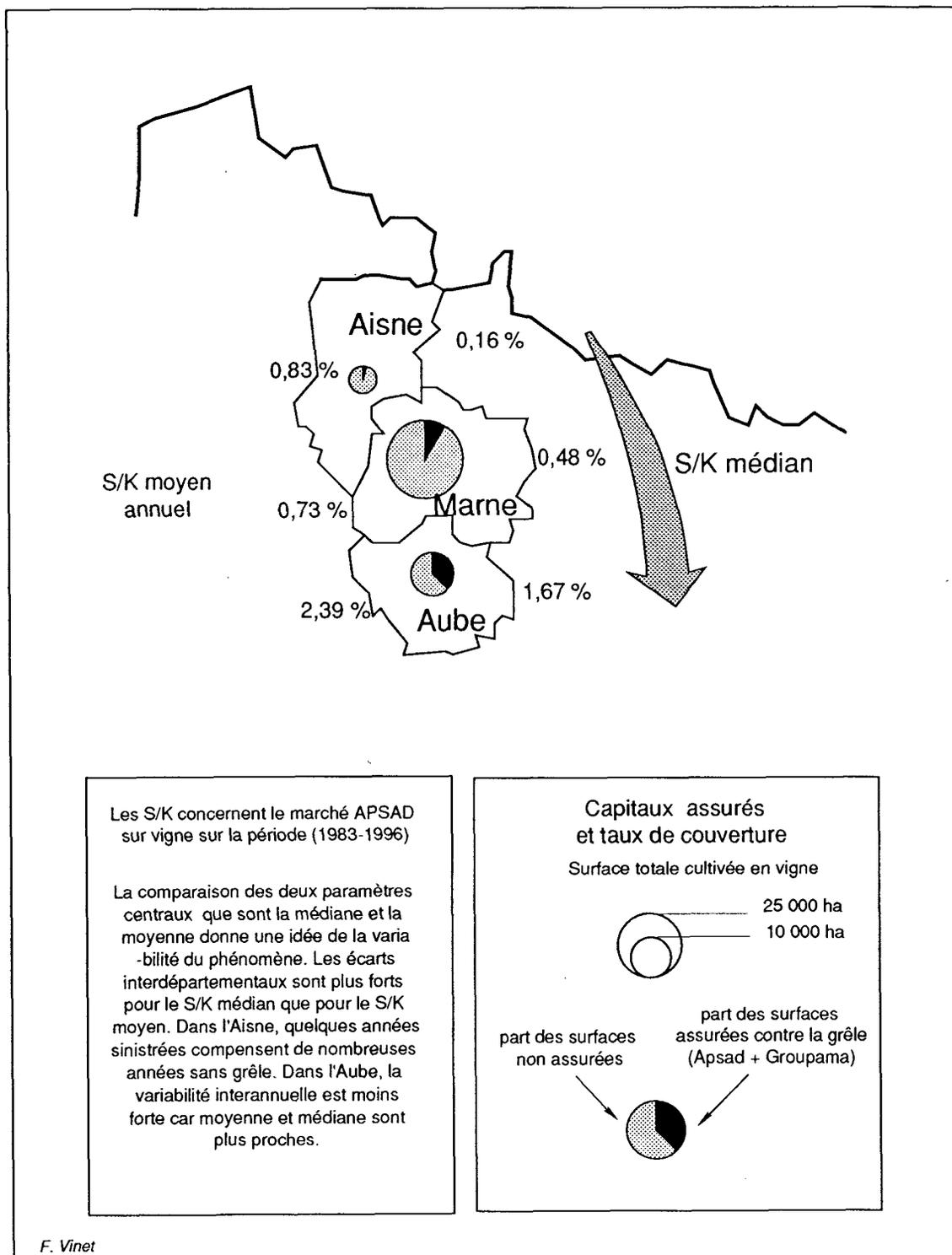
départements	S/K médian	S/K moyen	rapport (s/k médian / s/k moyen)
Deux-Sèvres	1,48	5,29	0,28
en indice	100	100	100
Cher	4,23	8,82	0,48
en indice (Deux-Sèvres = 100)	286	167	170
Vaucluse	4,1	5,1	0,8
en indice (Deux-Sèvres = 100)	277	96	286

Source : Données APSAD, 1983-1996.

On constate que le rapport est de 0,28 dans les Deux-Sèvres. Le taux de sinistralité médian est faible : la moitié des années à un S/K inférieur à 1,48 pour une moyenne de 5,29 %. Les chiffres sont respectivement de 4,1 et 5,1 pour le Vaucluse. La plupart des départements méridionaux ont des rapports S/K médian /S/K moyen proche de 1. Ainsi, dans le sud de la France, la variabilité interannuelle des chutes est moins forte. Les dommages sont plus constants d'une année à l'autre. En revanche dans les départements septentrionaux, les fortes sinistralités annuelles ne sont pas exclues mais elles sont plus rares. On retrouve (avec les mêmes limites de significativité) des tendances déjà observées dans l'étude de la fréquence des chutes de grêle (chapitre 1). Tout lieu en France est susceptible d'être touché par une chute de grêle dommageable mais plus ou moins fréquemment.

1.3.3- La sinistralité sensibilise-t-elle les agriculteurs à l'assurance ?

Comme le laissaient prévoir les cartes des taux de couverture des différentes cultures par l'assurance-grêle (chapitre 5), il n'y a pas de corrélation à l'échelle nationale entre le taux de couverture par l'assurance et la sinistralité, que ce soit pour les céréales, la vigne ou les fruits. Le coefficient de corrélation entre le S/K APSAD (1991/1996) (variable X) et le taux de couverture départemental en 1996 (variable Y) est maximal pour la grande classe des fruits et assimilés avec $r = 0,34$. Il est plus faible pour la vigne et



Carte 69 - Les relations entre le taux de couverture assurantiel et la sinistralité : l'exemple du vignoble Champenois

pour les céréales. Nous ne reviendrons pas sur les multiples raisons des différences départementales du taux de couverture (chapitre 5). L'influence de la sinistralité sur le taux de couverture ne se fait visiblement sentir qu'à l'échelle régionale. L'exemple du vignoble de Champagne est intéressant (carte 69). Il montre une croissance concomitante des taux de couverture par l'assurance et de la sinistralité du nord (Aisne) vers le sud du vignoble (Aube).

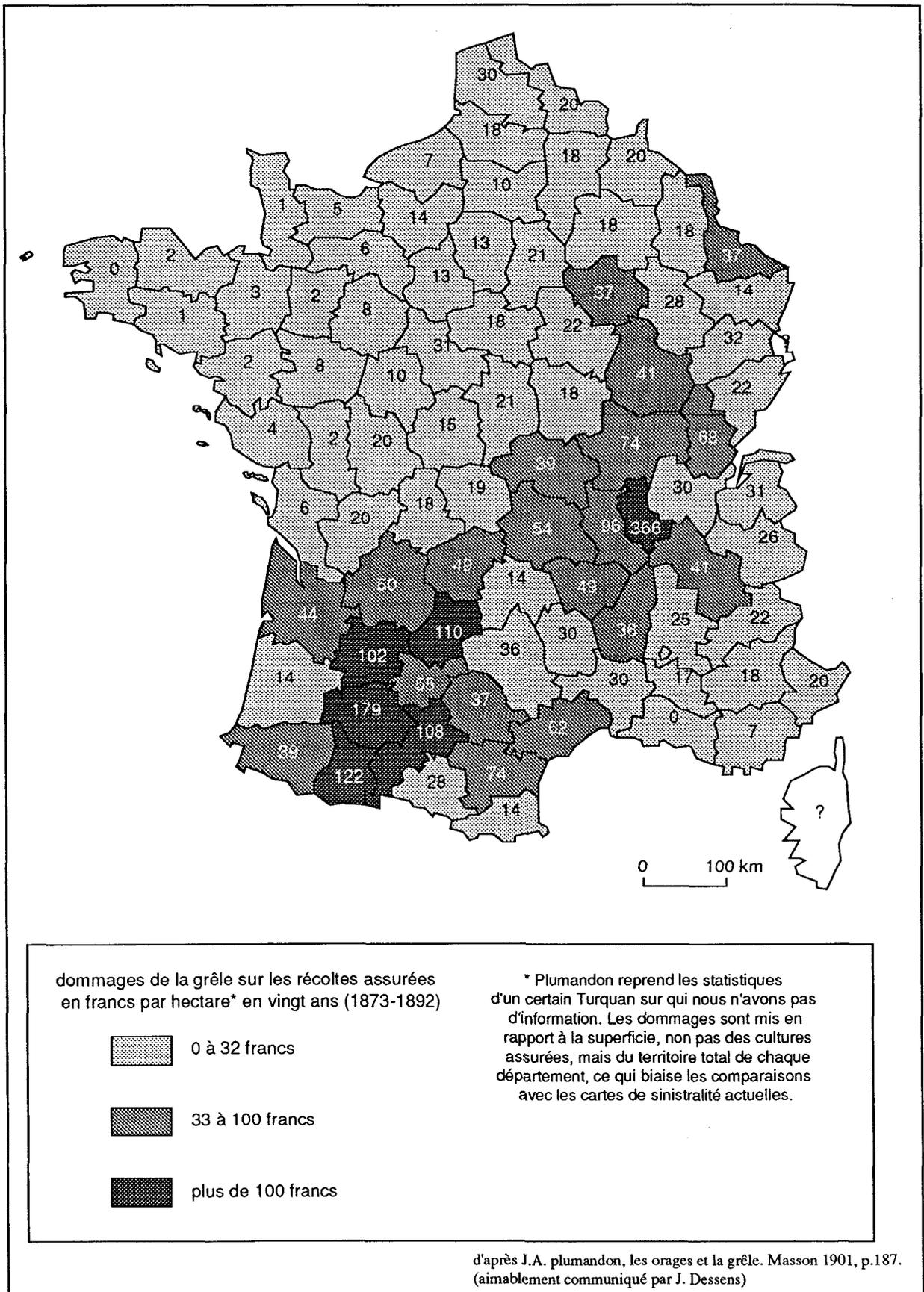
1.3.4- Une certaine permanence dans la géographie des dommages

Cette répartition géographique du risque-grêle peut être considérée comme pratiquement immuable. Plumandon (1901, p.187) dresse une carte des dommages causés par la grêle en France sur la période 1873-1892 (carte 70). A cette époque, les dommages concernent surtout les céréales et un peu la vigne ; les fruits ne sont pas encore assurés. Il faut être prudent dans les interprétations car le critère retenu n'est pas très rigoureux. Les pertes (en francs) dues à la grêle sont mises en rapport avec la superficie **totale** des départements au lieu d'être confrontées à la surface **cultivée**.

Néanmoins, on observe la même diagonale grêlifère s'étendant du Sud-Ouest vers les Alpes. Dans le Sud-Ouest, le coeur de la grêle va des Pyrénées centrales au Lot. Comme sur les cartes actuelles, les dégâts diminuent vers la Méditerranée dès le Tarn et la Haute-Garonne. Le Rhône cumule les pertes les plus fortes. La présence de vigne et la faible étendue du département amplifie le montant des dégâts à l'hectare. En revanche le Sud-Est et le Val-de-Loire n'apparaissent pas dans les régions les plus touchées par la grêle. C'est bien le développement des cultures fruitières qui a propulsé ces deux régions parmi les plus sinistrées. Sur les côtes méditerranéennes, les Bouches-du-Rhône n'ont pas connu de dommages alors que ceux-ci ont atteint respectivement 62 et 74 francs/hectare dans l'Hérault et dans l'Aude. Ces chiffres s'expliquent par la géographie des cultures. La vigne est alors fortement répandue dans le Languedoc alors que le Comtat n'est pas encore mis en valeur dans les Bouches-du-Rhône. En France septentrionale, les pertes décroissent depuis le Nord-Est vers le Nord-Ouest en passant par le Bassin parisien.

Conclusion à l'étude des dommages indemnisés

C'est la géographie des cultures fragiles (fruits et, dans une moindre mesure, vigne) qui commande en grande partie celle des dommages indemnisés dus à la grêle en France. Les



Carte 70 - Les dommages de la grêle en France à la fin du XIXème siècle

cultures fruitières concentrent 38 % des dommages pour seulement 2,2 % des surfaces assurées. Les départements du sud-ouest et du sud-est de la France concentrent les deux tiers des indemnisations. Dans le Sud-Ouest, les indemnisations versées aux agriculteurs sont les plus élevées dans le Lot-et-Garonne et le Tarn-et-Garonne - deux départements fruitiers - mais la sinistralité (indemnisations mises en rapport avec les capitaux assurés par type de culture) reste élevée sur le Gers et le Lot. Elle diminue, et toutes les sources le confirment, à l'est de Toulouse. Le Tarn semble avoir une sinistralité plus proche de celle de l'Aude que de celle du Lot. Dans le Sud-Est, ce sont les deux départements sud-alpin qui sont le plus touchés. Mais les indemnisations versées se concentrent sur la Drôme et le Vaucluse, deux départements aux vastes surfaces de vergers et cultures maraîchères. Dans le nord de la France, les indemnisations concernent principalement les céréales et cultures assimilées étant donné les vastes surfaces cultivées. Pour quelques départements du Val-de-Loire (Sarthe, Maine-et-Loire, Loire-Atlantique), les dommages sur fruits captent jusqu'à 90 % des indemnisations. Le cas de la Loire-Atlantique est tout à fait symptomatique. Dans ce département connu pour son vignoble (Muscadet), 90 % des dommages indemnisés concernent les fruits et le reste les céréales et cultures assimilées. Par ailleurs, cet exemple souligne la sensibilité des cultures fruitières même dans les départements où intensité et fréquence de la grêle sont faibles. Il illustre aussi la nécessaire prise en compte des particularités locales dans l'explication de la sinistralité-grêle. En l'occurrence, le vignoble du Muscadet est très faiblement couvert par l'assurance ce qui explique l'absence de dommages indemnisés. La grêle fait pourtant des dégâts dans ce département comme nous avons pu le constater lors de l'averse de grêle du 11 juin 1997 qui a décimé plusieurs dizaines d'hectares de vigne (voir photographies chapitre 4).

Les dommages que nous avons évalués s'appuient sur les seuls chiffres des assureurs. Ils ne reflètent pas tous les dégâts causés par la grêle à l'agriculture française. Nous avons entrepris, en croisant la sinistralité étudiée ci-dessus et la représentativité de l'échantillon assuré (voir chapitre 5 sur le taux de couverture des cultures par l'assurance), d'estimer le coût total de la grêle c'est-à-dire la ponction des chutes de grêle dans le produit total de l'agriculture française.

2- Les dommages globaux : l'impact de la grêle sur l'agriculture française

Pour estimer l'enjeu du risque-grêle en France, il nous a paru intéressant d'estimer les pertes totales causées par la grêle à l'économie agricole du pays. En effet, le risque-objet couvert par l'assurance n'est pas le risque-objet total. De nombreuses cultures ne sont pas couvertes par l'assurance et les dégâts ne sont pris en charge par aucun système d'indemnisation. D'autre part, l'assurance ne rembourse pas tous les dégâts. Les franchises appliquées aux contrats d'assurance (10 à 15 %) minorent le montant des dommages déclarés par les assureurs. Une étude du CTGREF⁸¹ de 1978 a tenté d'estimer les pertes causées par la grêle à l'économie agricole en 1971, année très sinistrée, et en 1976, année peu grêlée. Elle se fonde sur un échantillon de 4 à 5 compagnies représentant 70 à 80 % du total des capitaux assurés. Sur les traces de cette étude, nous avons donc entrepris, avec les précautions qui s'imposent, de :

- reconstituer la valeur des pertes dues à la grêle et non couvertes par l'assurance
- les additionner aux indemnisations versées par les assureurs aux agriculteurs
- mettre le total en rapport avec le produit global de l'agriculture française

La procédure que nous avons suivie est résumée dans la figure 36.

Nous avons estimé les pertes dues à la grêle en France à deux échelles. À l'échelle départementale, l'estimation n'a été possible que pour 1996. Elle a pu être effectuée sur 10 ans pour l'ensemble des résultats nationaux à partir des données fournies par l'AIAG.

2.1- La méthode d'estimation des pertes globales dues à la grêle en France

En dehors des dommages indemnisés qui sont dûment quantifiés et sur lesquels nous nous sommes fondés pour les études de la sinistralité, deux types de dégâts pouvant représenter des sommes considérables ne sont pas mesurés par l'assurance :

- les dégâts sur le capital assuré mais non indemnisés car inférieurs à la franchise,
- les dégâts sur les cultures non assurées.

Dans les deux cas, les dégâts restent à la charge de l'agriculteur.

⁸¹ Estimation des dégâts causés par la grêle aux cultures. CTGREF Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts; Ministère de l'Agriculture. Étude n°23, oct. 1978, 11 p. + 10 cartes H.T.

2.1.1- L'estimation du montant des franchises

2.1.1.1- Rappels sur le principe de la franchise

Le système de la franchise (voir ci-dessus chap 5) a été généralisé en France à la suite des fortes chutes de grêle de 1971. Les taux de franchise ont changé depuis l'origine, généralement dans le sens d'une augmentation. Plus la franchise est élevée, plus la part du sinistre restant à la charge de l'agriculteur est forte. Il existe des contrats permettant à l'agriculteur, moyennant une franchise élevée, de diminuer substantiellement le montant de sa cotisation d'assurance. Ces contrats sont encore peu répandus. En 1998, le taux de franchise généralement pratiqué est de 10 % sur les cultures non fruitières. Pour les fruits, le taux de franchise est passé de 10 à 15 % à la suite des fortes sinistralités des années 1992, 1993 et 1994. Le but de la franchise est bien sûr de reporter une partie de la charge des dommages sur les agriculteurs mais aussi d'éliminer un nombre important de petits sinistres dont la gestion est lourde par les assureurs. Ainsi, les dégâts restant à la charge de l'agriculteur du fait de la franchise relèvent, d'une part des sinistres trop faibles pour être pris en compte par l'assurance et, d'autre part, des dommages correspondant à la franchise et déduits de l'indemnisation.

Dans le premier cas, les dossiers sont classés "sans suite" car le taux de perte est inférieur au taux de franchise. Il n'y a pas d'indemnisation ; les pertes, faibles en général restent à la charge de l'agriculteur. Il est pratiquement impossible de chiffrer exactement le montant des pertes des déclarations de sinistre classées "sans suite". Sur céréales et vigne, il sont assez faibles. Sur les cultures assurées en qualité (fruits), le déclassement des fruits endommagés peut entraîner une baisse assez forte de la rémunération de l'arboriculteur .

Dans le second cas, lorsque le taux de perte dépasse la franchise, il y a calcul d'une indemnisation. De cette indemnisation sera déduit le pourcentage de la franchise. Prenons un exemple sur des fruits avec une franchise de 15 %.

Si, après une chute de grêle sur un verger au capital assuré de 100 000 FF, l'expert constate un taux de perte de 30 %, la **perte brute** est de 100 000 FF * 30 % soit **30000** FF mais l'indemnisation sera de :

$$100\ 000\ \text{F (capital assuré)} * [30\ \% \text{ (taux de perte)} - 15\ \% \text{ (franchise)}] =$$

$$100\ 000\ \text{F} * 15\ \% = 15\ 000\ \text{F}$$

La **franchise** se monte à **15 000** FF soit 50 % de la perte

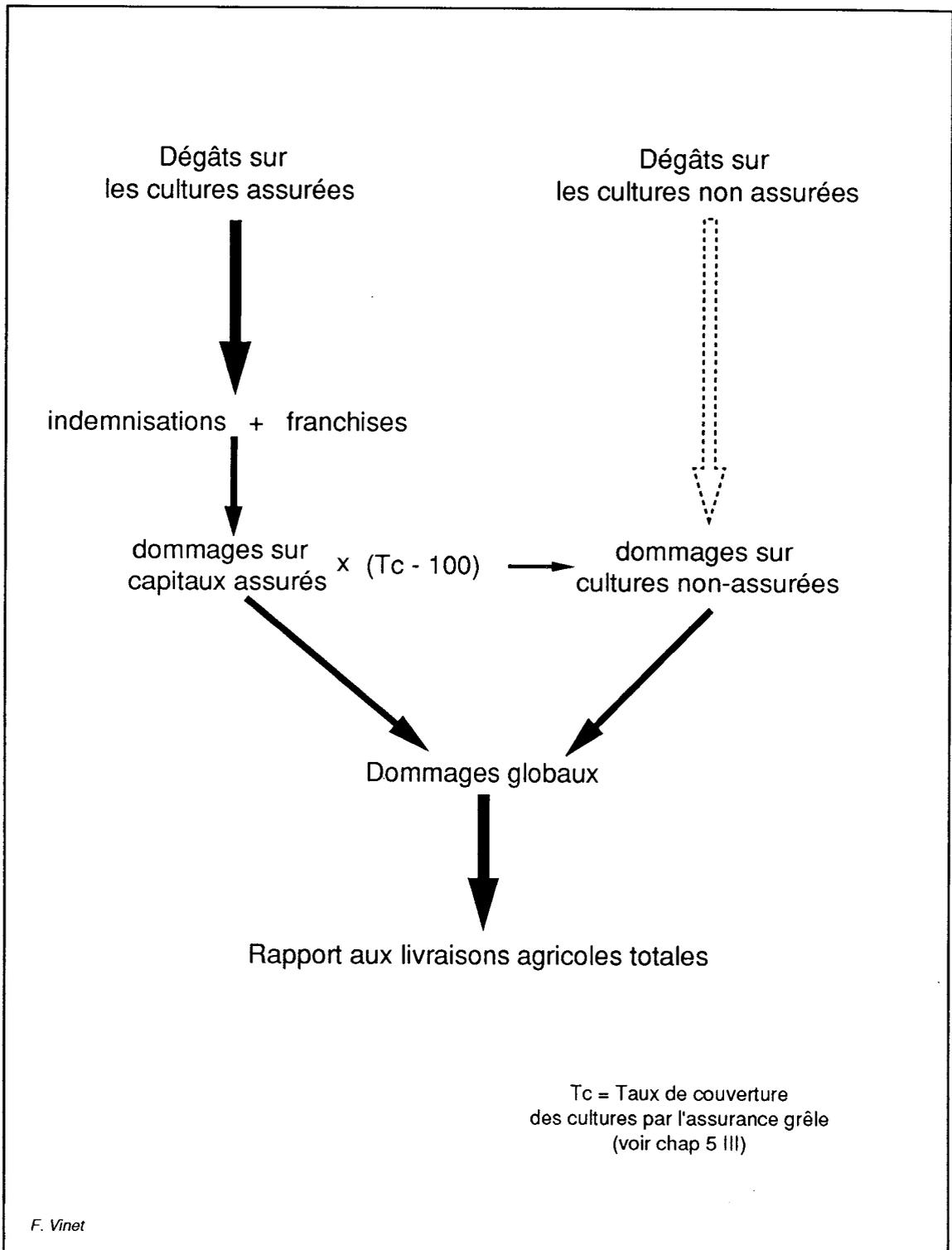


Fig. 36 - Procédure d'évaluation des dommages globaux de la grêle en France

Si le taux de perte était de 20 %, la franchise représente 75 % de la perte (15% / 20%).

2.1.1.2- L'estimation de la part des pertes dépendant de la franchise

La franchise étant un pourcentage fixe du capital assuré, sa part dans les indemnités varie en fonction du taux de perte. Dans ce cas d'un taux de perte atteignant 80 % du capital assuré, la part relative de la franchise (15 %) s'élève à 12 % de la perte. Ces 12 % resteront à la charge de l'agriculteur ; l'indemnité représente 88 % de la perte. Le problème est donc de reconstituer la part moyenne de la franchise par rapport aux indemnités. Quelle est en moyenne la part des dommages qui n'est pas indemnisée aux agriculteurs du fait de la franchise ?

Nous disposons pour cela de deux simulations de Groupama⁸² : l'une sur l'estimation du montant de la franchise de 10 %, l'autre sur la différence d'indemnité résultant du passage de la franchise de 10 à 15 % sur les vergers.

La première simulation concerne les années 1982 à 1994. Les fichiers ne sont pas complets ; les résultats ne portent que sur une trentaine de départements formant toutefois un échantillon assez représentatif. Les fichiers donnent le montant des indemnités avant déduction de la franchise et le montant des indemnités après déduction de la franchise de 10 %. Nous avons calculé pour les trois années les plus récentes (1991, 1992, 1993) et pour chacune des trois grandes classes de récoltes, le rapport :

indemnités franchise déduite / indemnité franchise non déduite

l'indemnité franchise non déduite correspondant au montant réel des dommages expertisés.

2.1.1.3- Le coefficient additionnel de franchise

Le coefficient additionnel de franchise, appelons le C_f , est donc le coefficient de passage des indemnités versées -que nous connaissons- vers les dommages réels expertisés -que nous voulons estimer-. Ainsi, sur les cultures fruitières de l'échantillon Groupama de 1993, les indemnités versées ne furent que de 109 millions de francs mais si l'on y ajoute les montants retenus par les franchises de 10 % (C_{f10}), les dégâts expertisés totaux s'élèvent à 158 millions de francs soit un rapport de 1 à 1,45. A notre

⁸² Il s'agit de simulations à usage comptable, évidemment non publiées. Leur objectif était de mesurer l'impact financier du passage d'un taux de franchise à un autre.

grande surprise (tant nous avons été habitué à l'extrême variabilité du phénomène-grêle !), les taux ne subissent pas de trop fortes variations entre les départements (ceux au capital suffisamment étendu) restant dans un intervalle de 1,3 à 1,7 suivant les cultures et les années. Le taux retenu est pour chaque grande classe de récolte la moyenne des taux annuels sur les trois années 1991, 1992, 1993 (ce qui est préférable au taux moyen pondéré sur trois ans lorsque l'on travaille sur un échantillon).

Le problème est qu'après 1994, la franchise sur fruits est passée à 15 % (C_{f15}). Le taux moyen de 1,41 n'est pas applicable pour les fruits. La deuxième simulation effectuée par Groupama concerne, sur les fichiers 1994 et 1995, (non disponible en 1996) les effets financiers du passage de la franchise de 10 à 15 % sur les fruits. Sur le même principe, on a calculé le rapport entre indemnités calculées avec franchise à 10 % et indemnités calculées avec franchise à 15 %. Le rapport est de 1 à 1,14. Le taux calculé pour 10 % (1,41) est majoré (multiplié par 1,14) pour évaluer l'effet d'une franchise de 15 %. Pour les fruits, C_{f15} est donc de 1,6 ($1,41 \times 1,14$). Concrètement, pour 1,60 franc de dommages, l'agriculteur reçoit 1 franc d'indemnisations, 60 centimes (37,5 %) restant à sa charge sous forme de franchise. Il faut rappeler qu'il s'agit de taux moyens calculés sur l'ensemble des départements disponibles dans les fichiers Groupama.

A noter que l'étude du CTGREF (1979) avait majoré pour 1976 les pertes de 20 % pour tenir compte des franchises mises en place après 1971 et qui variaient de 5 ou 10 % selon les cultures.

Les coefficients additionnels de franchise (C_{f1015}) retenus sont finalement

pour les céréales : 1,41 (1,41 franc de dommages réels pour 1 franc indemnisés)

pour la vigne : 1,52

pour les fruits : 1,6

pour l'ensemble des cultures : 1,44 avant 1993, 1,51 après 1994

2.1.2- l'estimation des dégâts sur cultures non assurées

Outre les dommages restant à la charge des agriculteurs du fait des franchises, il faut ajouter, pour avoir une vision globale des dommages de la grêle en France, les pertes sur les récoltes non assurées. Comme dans l'étude du CTGREF de 1978, nous ferons "l'hypothèse que les cultures assurées constituent un échantillon représentatif de la totalité des cultures et donc que la sinistralité y est la même" (p.5). Les dommages sur les exploitations non-assurées sont estimés en appliquant par département les indemnités au taux de couverture par l'assurance. Prenons l'exemple de la Drôme en 1996.

Le montant des indemnités sur les fruits et assimilés y est de 60,5 millions de francs. Si l'on y inclut les franchises, les dommages estimés sur cultures assurées se montent à 96,8 millions de francs. Or le taux de couverture de l'assurance sur les fruits et assimilés est de 48,3 %. On peut donc évaluer les dommages sur l'ensemble des cultures fruitières à 200,5 millions de francs. Les mêmes opérations sont effectuées pour les deux autres grandes classes de cultures.

$$Dt = (Iv * Cf_{1015}) + (Iv * Cf_{1015}) * (Tc-100)$$

Dt : dommages totaux

Iv : indemnités versées

Cf₁₀₁₅ : coefficient additionnel de franchise (10 ou 15 %)

Tc : taux de couverture par l'assurance en %

2.1.3- La comparaison des dégâts et de la production agricole globale

Les pertes dues à la grêle ont été comparées aux valeurs des livraisons végétales⁸³ par type de culture. Comme nous l'avons signalé précédemment, le principal problème vient de l'absence de concordance entre le classement des cultures par le SCEES et le classement des assureurs. On retrouve approximativement (tableau 46) le même classement que pour la détermination du taux de couverture. Nous avons inclus dans la valeur des livraisons des cultures de la grande classe fruits et assimilés les légumes frais. Mais il n'est pas possible dans les données SCEES de distinguer les légumes cultivés sous serre des légumes de plein champ. Or les premiers ne sont pas inclus dans les chiffres de l'assurance. L'estimation des pertes de la grêle par département est une évaluation minimale. Par ailleurs, les valeurs des livraisons ne sont pas d'une fiabilité extrême dans des régions où la production n'est pas totalement contrôlée par les diverses administrations et organisations économiques. Seule une étude détaillée à l'échelle du département pourrait affiner ces résultats.

⁸³ Statistique agricole annuelle. Résultats 1996. Agreste Données chiffrées Agriculture N° 94, juillet 1997, SCEES/Ministère de l'Agriculture.

Tableau 46 - Équivalence entre classement des cultures par valeur de livraison (SCEES) et classement des assureurs

grande classe des assureurs	correspondance dans les statistiques agricoles*
Céréales et assimilés (cl. 1,2 et 3)	-céréales -betterave et pomme de terre (sauf primeur) -protéagineux, oléagineux et végétaux divers (plantes à fibre ...tabac exclu)
Vigne (cl. 4)	Vignes (pour vin, alcool et raisin de table)
Fruits et assimilés (cl. 5 à 9)	-légumes frais -fleurs et pépinières -fruits

* Scees, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Statistique agricole annuelle 1996, Agreste N°94, juillet 1997.

2.2- Les pertes dues à la grêle en France : une ponction non négligeable sur les revenus agricoles

2.2.1- La reconstitution des pertes à partir des chiffres de l'AIAG

Pour évaluer à l'échelle nationale les pertes économiques dues aux chutes de grêle, nous avons utilisé les données recueillies par l'Association Internationale des Assureurs contre la Grêle (AIAG). Elles sont alimentées par l'APSAD et Groupama pour toutes les classes de cultures : ce sont les données sur lesquelles nous avons travaillé jusqu'à présent. Mais elles incluent aussi les dégâts sur serres qui ne sont pas comptabilisés dans les données fournies par l'APSAD et Groupama car leur ventilation départementale n'est pas effectuée. Du fait de la prise en compte des dégâts sur serres, les chiffres de l'AIAG sont supérieurs de 10 à 20 % au total APSAD+Groupama tant pour les capitaux que pour les dommages.

La reconstitution de la part des livraisons agricoles détruite par la grêle porte sur dix ans (1987-1996). Reconstituer les données au-delà de dix ans posait le problème de la validité des traitements statistiques employés : sur une longue période, les taux de couverture des cultures par l'assurance, les pratiques commerciales peuvent changer. Il paraît donc plus prudent de se limiter à cette décade qui inclut un éventail suffisamment représentatif de sinistralités annuelles avec des années faiblement grêlifères (1991, 1995 et 1996) et des années très sinistrées (1992 à 1994).

2.2.2- Des pertes de plusieurs milliards de francs

On peut estimer la ponction de la grêle sur le revenu agricole du pays à un peu moins de 2 %, ce qui, compte tenu des sommes engagées, n'est pas négligeable. Ce pourcentage est le même que les évaluations faites pour les Etats-Unis (Bryant E., 1991). Le pourcentage varie de moins de 1 % en 1991 à 4 % en 1993. Cette année-là, la part relative des pertes dues à la grêle est majorée par la faible valeur de la production agricole nationale due en partie à la baisse des cours des céréales. Ce sont chaque année entre 1,5 et 6 milliards de francs de manque à gagner pour les agriculteurs (tableau 47). Il est difficile de déceler dans les livraisons annuelles l'influence de la grêle. Cette dernière n'est évidemment pas le facteur majeur de variation interannuelle de la production agricole qui dépend avant tout des cours des matières agricoles, des politiques économiques mais aussi du contexte climatique dont la grêle n'est qu'un élément parmi d'autres (humidité, gel...).

Toutefois, il faut distinguer les cultures fruitières des autres cultures. Pour les grandes cultures et la vigne, les pertes dues à la grêle passent pratiquement inaperçues (sauf au niveau local évidemment) dans les volumes produits. En revanche pour les fruits, les pertes peuvent atteindre 5 à 10 % des livraisons. Le taux de perte atteint sur les pommes et poires en 1971 est impressionnant (12,4 %)(CTGREF, 1978) ; il est probable que ce taux ait été approché dans les années 1992 à 1994 mais les données, trop lacunaires, ne nous ont pas permis de faire des évaluations sur ces années. Le problème des pertes sur fruits est aggravé par l'absence de stock (contrairement au vin) de l'année précédente. Il souligne les limites de l'assurance qui compense le manque à gagner mais ne remplace pas les fruits perdus.

2.3- L'impact des chutes de grêle sur l'agriculture française : analyse géographique

2.3.1- Les pertes dues à la grêle en France : 1996, une année peu sinistrée

Nous avons cartographié la part de la production agricole amputée par les chutes de grêle en 1996 (carte 71). L'absence de certains départements dans les fichiers Groupama en 1994 et 1995, la multiplication des approximations (sur le taux de couverture en particulier) à chaque étape du calcul a rendu impossible une cartographie moyenne sur plusieurs années. Il ne s'agit donc que d'un exemple lié évidemment à la répartition aléatoire des chutes de grêle cette année-là.

Tableau 47 - Les pertes annuelles dues à la grêle dans l'agriculture française

année	montant des indemnités versées par les assureurs* (en millions de Francs courants)	montant estimé des pertes totales (en millions de Francs courants)	valeurs des livraisons végétales agricoles** (en millions de francs courants)	% de perte annuel
1987	693,675	2081,1	155 156	1,32
1988	927,923	2783,7	160 086	1,71
1989	1148,576	3445,7	175 660	1,92
1990	893,081	2679,2	180 200	1,47
1991	497,553	1492,6	174 500	0,85
1992	1498,548	4495,6	157 739	2,77
1993	2017,292	6051,8	140 123	4,14
1994	1455,052	4577,3	142 236	3,12
1995	569,214	1790,6	150 386	1,18
1996	608,353	1913,7	154 554	1,22
moyenne sur dix ans				1,93

* Source : AIAG (dégâts sur serres inclus)

** Source : SCEES, Ministère de l'Agriculture

Sur la production totale, l'année 1996 a été assez peu grêlifère : 608 millions de francs d'indemnités versées pour un total de perte estimé à un peu moins de deux milliards de francs. En part de la récolte amputée, les pourcentages sont plus proches de ceux de 1976 que de ceux de 1971 (tableau 48).

Tableau 48 - Les taux de pertes nationaux par type de culture en 1971, 1976 et 1996

taux de perte sur :	1971 année très sinistrée	1976 : année peu sinistrée	1996 : année peu sinistrée
céréales et assimilées	2 %	0,5 %	0,67 %
vigne	7,5 %	2,3 %	2,1 %
fruits *	12,4 %	4,2 %	2,3 %
total	4 %	1,3 %	1,6 %

* pommes et poires seulement en 1971 et 1976, fruits et assimilés en 1996

source pour 1971 et 1976 : CTGREF, 1978

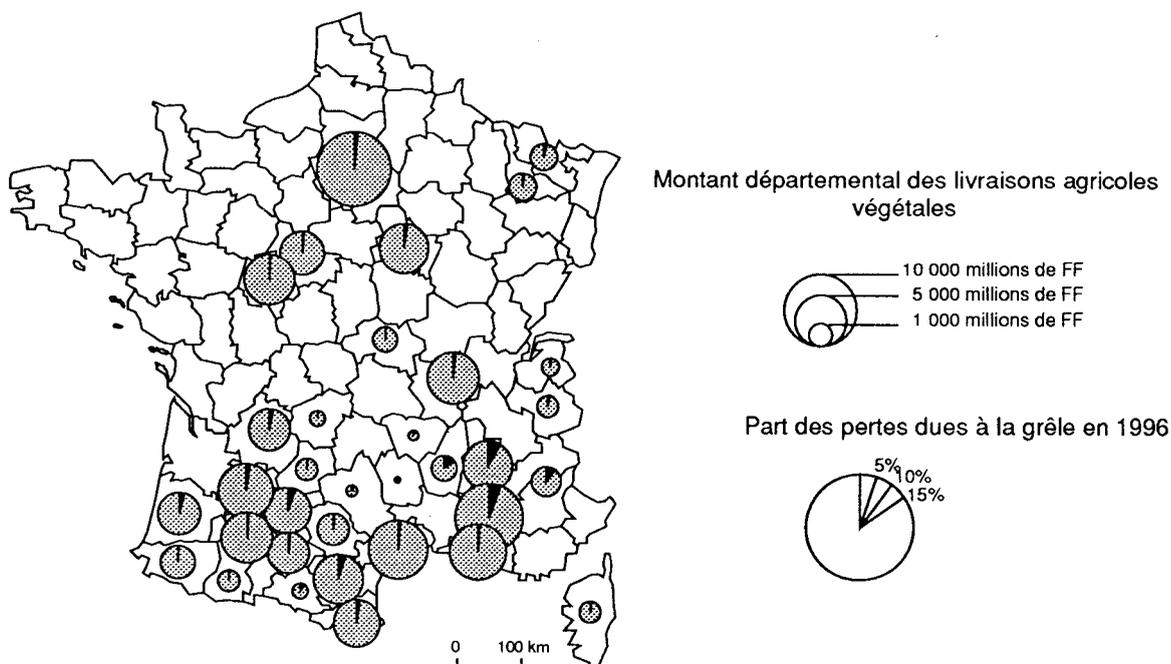
Dans la plupart des départements (carte 71), les dégâts de la grêle passent inaperçus à l'échelle macroéconomique. L'amputation du produit agricole par les chutes de grêle (pertes quantitatives et qualitatives) est inférieure à 1 % dans 47 départements, la plupart situés dans la partie nord de la France, mais aussi le Gard et la Gironde (0,1 % de perte). 12 départements, plus l'ensemble Ile-de-France + Oise + Somme, ont vu les livraisons agricoles amputées de 1 à 2 %. Enfin, 22 départements dépassent 2 %. Sur ces 22 départements, trois appartiennent au nord-est de la France et à l'est du Bassin parisien : la Moselle (4,1 %), l'Yonne (2,6 %) et la Meurthe-et-Moselle (2 %). Les autres sont tous situés au sud d'une ligne La Rochelle-Genève. Le taux de perte dépasse 5 % dans 11 départements. Le maximum est atteint dans le Sud-Est avec plus de 10 % du produit agricole perdu dans les Hautes-Alpes, les Alpes-de-Haute-Provence (groupés pour des raisons statistiques : 11,1 % pour l'ensemble) et l'Ardèche (15,9 %).

La géographie des pertes globales suit globalement celle des pertes sur fruits. Pour les raisons que nous avons déjà évoquées, les fruits concentrent les plus grosses pertes dues à la grêle. Les départements fruitiers en souffrent. La perte atteint 12 % dans les départements sud-alpins sus-nommés et 14 % dans la Drôme. En Ardèche, c'est près du quart de la valeur de la production fruitière et légumière qui a été emporté par la grêle. Cette perte se fait par déclassement des fruits grêlés. Cependant, ce fort taux de perte est à nuancer. Il existe en effet des mécanismes de compensation qui échappent plus ou moins au circuit économique classique et qui permettent aux agriculteurs de limiter leur perte financière comme la vente des fruits grêlés aux particuliers ou à l'industrie. La perte est rarement une perte sèche. Le taux de perte serait certainement à minorer dans certains départements. Il faudrait pour cela, comme le suggérait l'étude du CTGREF (1978), engager des études sur quelques bassins de production fruitière.

2.3.2- En 1971, les pertes concernèrent toute la France

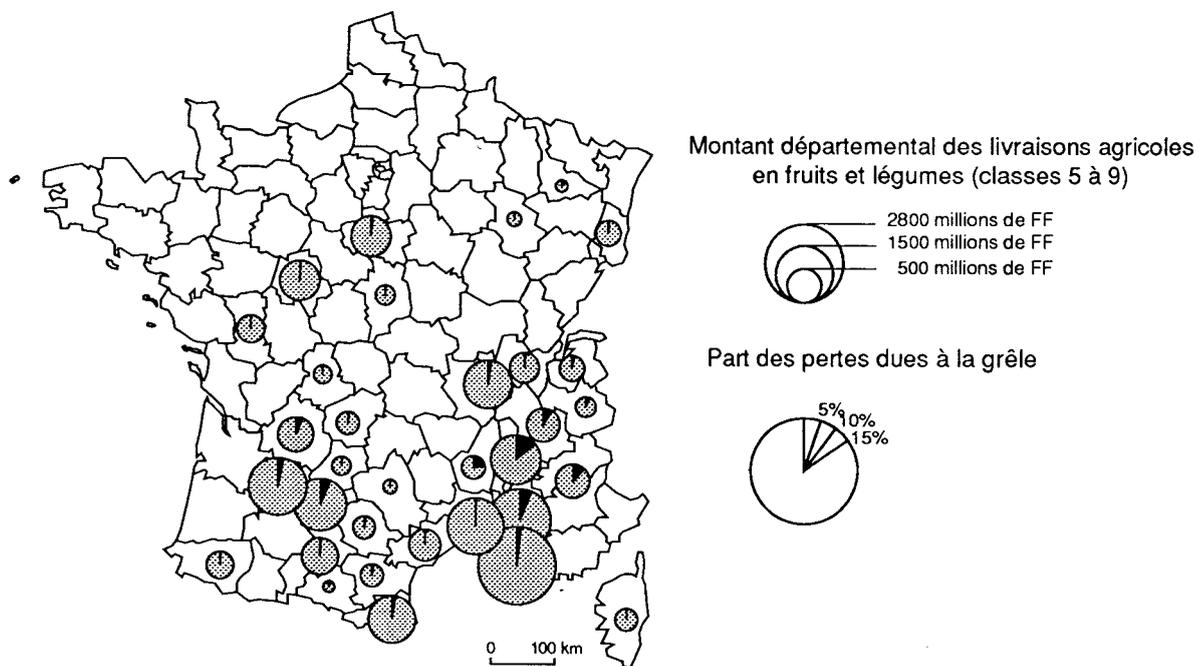
Comparées aux deux années étudiées dans le rapport du CTGREF, les cartes de 1996 se rapprochent plutôt de celle de l'année 1976 (cartes 72b et 73b). Comme en 1976, les pertes principales se concentrent dans le Sud-Est, le Couloir rhodanien et le Sud-Ouest. Le nord de la France est épargné. En 1971 (cartes 72a et 73a), les pertes touchent toute la France. Les régions "traditionnellement" grêlifères subissent des pertes de l'ordre

Carte 71a - Part des récoltes totales détruite par la grêle en France en 1996



Seuls ont été représentés les départements où le taux de perte a dépassé 1 %

Carte 71b - Part des récoltes fruitières et légumières détruite par la grêle en 1996

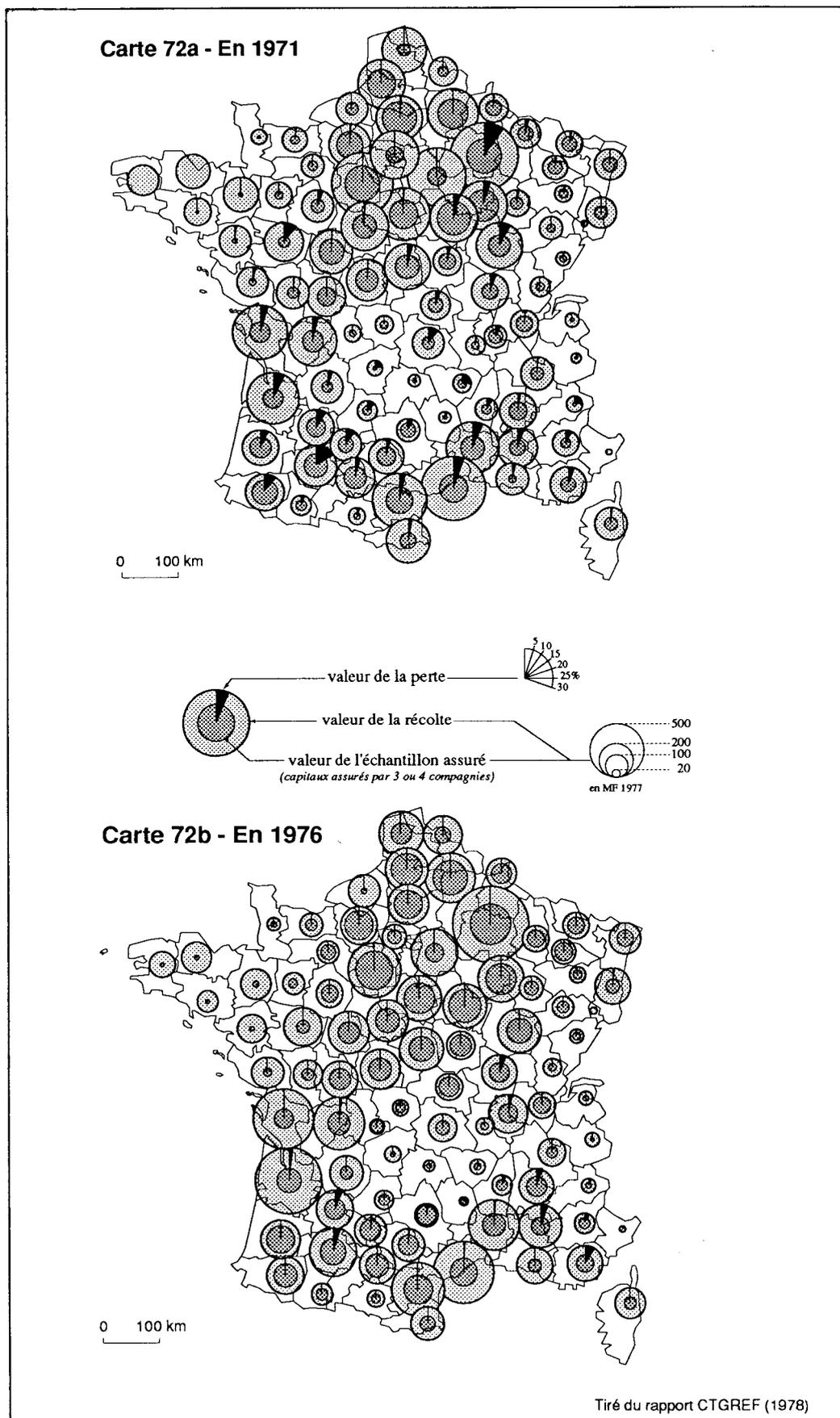


seuls ont été représentés les départements où le taux de perte a dépassé 1 %

conception et réalisation : F. Vinet

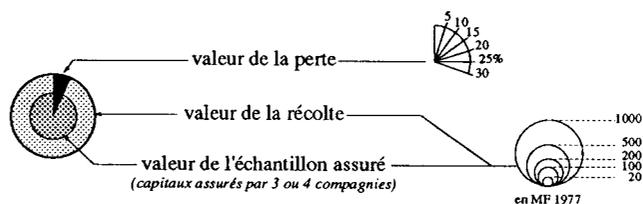
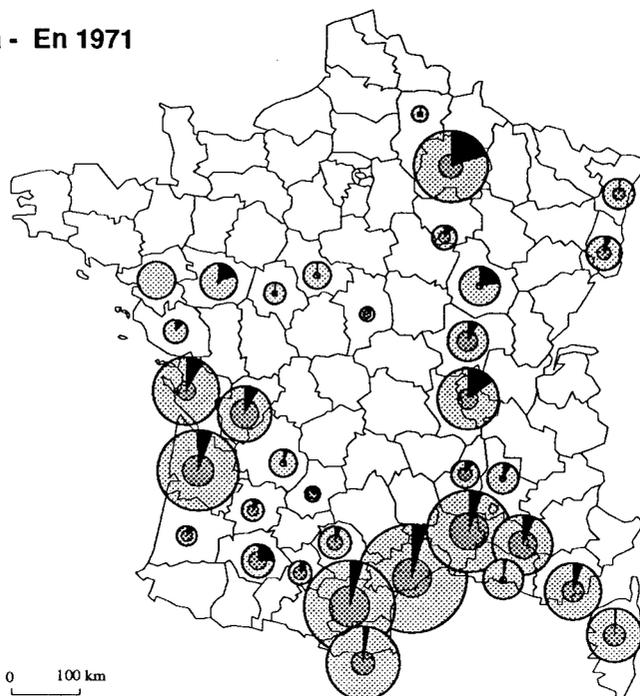
Sources : SCEES, ministère de l'agriculture
Apsad, Groupama

Cartes 71 - Part des récoltes détruite par la grêle dans les départements français en 1996

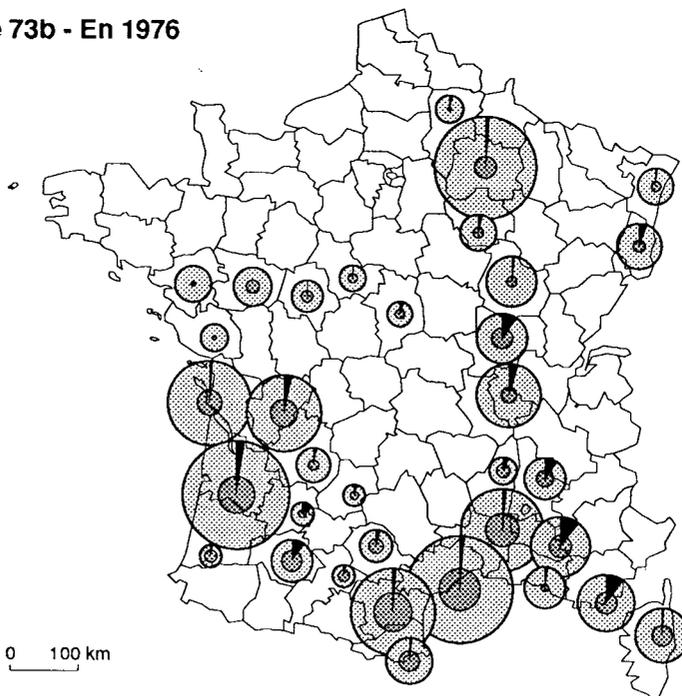


Cartes 72 - Comparaison des pertes causées par la grêle aux récoltes (*) en 1971 et 1976
 (*) total de 7 productions : céréales, maïs, colza, vigne, pommes

Carte73a - En 1971



Carte 73b - En 1976



Tiré du rapport CTGREF (1978)

Cartes 73 - Comparaison des pertes causées par la grêle sur les vignes en 1971 et 1976

de 5 à 15 %. c'est le cas dans le Sud-Ouest et le Sud-Est mais aussi dans le Massif central où les taux de perte atteignent près de 25 % des récoltes. Mais contrairement aux années peu grêlifères sur le plan national, les chutes de grêle ont atteint des régions *a priori* peu grêlifères : la Champagne, le sud du Bassin parisien et l'ouest de la France avec 5 % de perte dans le Maine-et-Loire et la Sarthe. Ainsi, les années de fortes sinistralités (1971, mais aussi 1992 à 1994) sont liées, d'une part à une majoration des pertes dans les régions grêlifères (Sud de la France sauf les côtes) et, d'autre part à une généralisation de la grêle à l'ensemble du territoire national. Lors des années à faible sinistralité (1976 ou 1996), les dégâts massifs se limitent au sud-ouest ou au sud-est de la France.

conclusion

L'assurance indemnise en France un peu plus d'un tiers des dégâts dus à la grêle. Les pertes dues à la grêle paraissent minimales (quelques pour cent) à l'échelle nationale mais elles peuvent localement affecter sérieusement l'économie agricole. Sur les cultures fruitières, certains bassins de production (Ardèche et Drôme en 1996) peuvent voir leur revenus directs amputés de 10 à 20 %. Comme l'appelaient de ses vœux le rapport du CTGREF de 1978, il serait intéressant de diligenter des études précises sur le risque-grêle et son impact sur l'économie locale dans quelques bassins de production sensibles comme la basse vallée du Rhône ou la Moyenne Garonne.

La comparaison des années faiblement grêlifères et des années gravement sinistrées montre qu'il existe une grêle de fond dans les régions du sud de la France : **même lors des années faiblement sinistrées, le Sud-Ouest et, dans une moindre mesure, le Sud-Est n'échappent pas à quelques averses de grêle. La grêle y semble inscrite dans le climat.** Chaque année, l'agriculture paie un plus ou moins lourd tribut. En revanche, dans la partie septentrionale de la France, seules quelques années (une année sur cinq ?) font des dégâts susceptibles d'amputer notablement le produit agricole.

Que ce soit en termes relatifs ou absolus, les cartes des dommages de la grêle convergent dans la démonstration d'une amplification des dommages dans le sud de la France. On peut même dire que le risque "réel" -pour reprendre l'expression de Pierre Pagney (1994)-, celui qui est mesuré par les dommages, se concentre dans quelques départements. **Le risque économique paraît beaucoup plus concentré que ne le laisserait prévoir la géographie des chutes de grêle.** Cependant il n'est guère facile d'établir une correspondance directe entre le risque-agent et les dommages. Ce

problème intéresse les assureurs car la tarification dépend de la sinistralité qui, elle-même, dépend de la fréquence et de l'intensité des chutes de grêle. Il serait bien imprudent et prétentieux de vouloir dresser pour toute la France, à l'échelle du département comme nous l'avons pratiqué jusque-là, une corrélation entre le risque mesuré par les assureurs (les dommages relatifs) et le risque-agent dépendant des caractéristiques physiques de la grêle. L'absence de couverture nationale en données grêlimétriques et la fiabilité trop récente des données centralisées de Groupama ne le permettraient d'ailleurs pas.

Nous avons tenté d'établir des relations entre les dommages et les mesures physiques des chutes de grêle à notre disposition étudiées dans la première partie de la thèse.

3- Les relations entre les dommages et le risque-agent

Au terme de l'étude des dommages dus à la grêle sur les cultures se pose le problème des rapports entre le risque-agent et le risque-objet. Quel rapport peut-on établir entre les dommages dus à la grêle et les caractéristiques physiques des chutes de grêle ?

Nous avons vu lors de l'étude de la grêlimétrie (voir ci-dessus chap. 2) que l'énergie des chutes de grêle calculée en $J.m^{-2}$ est un bon indicateur des dégâts physiologiques subis par la plante. De nombreuses études (Ginouvs J. et Jean Ch., 1980 ; Jean Ch. et *alii*, 1978 ; Tondut J.-L. et *alii*, 1983) ont montré qu'à l'échelle de la parcelle, le taux de perte sur récolte est corrélé à l'énergie des chutes de grêle. La corrélation est plus ou moins forte selon les cépages (les expériences ont été effectuées sur la vigne) et selon les stades végétatifs. Le coefficient de corrélation énergie/taux de perte est en général compris entre 0,6 et 0,7. Des études menées sur les céréales ont corrélé le diamètre des grêlons aux pertes sur récoltes (Sánchez J.L. et *alii*, 1994). Nous ne reviendrons pas sur ces relations entre la grêle et les dégâts à microéchelle. Elles mériteraient certes d'être réexaminées à la lumière des données grêlimétriques collectées dans le Sud-Ouest depuis une dizaine d'années. Mais l'étude à microéchelle n'entre pas dans nos objectifs. Nos efforts ont porté sur la recherche d'indicateurs physiques comme outil d'évaluation des dommages macroéconomiques de la grêle. Les mesures physiques des chutes de grêle à l'échelle du département ou même à l'échelle nationale sont-elles en relation directe avec les dommages ? Quel indicateur, de la fréquence ou de l'intensité, est le plus lié aux pertes financières dues à la grêle ? La grêlimétrie, instrument de mesure le

plus fiable de la grêle, peut-elle devenir un outil d'évaluation des dommages ? Permettrait-elle aux assureurs d'estimer rapidement, presque "en temps réel", les dommages des chutes de grêle ?

3.1- Choix des indicateurs et échelle de travail

3.1.1- Les indicateurs économiques et grêlimétriques

De nombreuses études aux Etats-Unis (Changnon S.A. , 1971 ; Neill J.C. et *alii*, 1979 ; Neill J.C., 1981 ; Changnon S.A. et Changnon D., 1997) ont mis en évidence et utilisé les relations entre les paramètres physiques de la grêle et les données de l'assurance. Le critère assurantiel le plus fréquemment retenu est le taux de prime pure que nous avons déjà utilisé pour l'étude de la sinistralité (S/K ou rapport des indemnisations versées sur les capitaux assurés). Nous disposons de ce taux à l'échelle départementale sur 14 ans pour le marché APSAD. Nous utiliserons aussi le S/C (rapport des sinistres (c'est-à-dire, pour les assureurs, les indemnisations versées) sur les cotisations encaissées) pour les comparaisons interannuelles à l'échelle nationale. Cet indicateur est particulièrement utile aux assureurs car il donne le bilan financier du risque. Un S/C de 100 % signifie que les indemnités versées aux agriculteurs sont aussi élevées que les cotisations encaissées.

Les indicateurs grêlimétriques retenus sont la fréquence de la grêle et l'intensité des chutes mesurée par l'énergie ($J.m^{-2}$). Les climatologues américains (Changnon S.A. et Changnon D., 1997) utilisent, dans quelques Etats comme l'Illinois ou le Nebraska, les données occurrenceielles des stations météorologiques. Ce recours est impossible en France car la densité des stations est moindre et le terrain beaucoup moins homogène (relief). Le maillage des stations Météo-France ne permet de déceler que des tendances nationales. A l'échelle départementale, les stations Météo-France, au nombre de deux ou trois au maximum, ne sont pas représentatives des dommages, d'autant plus qu'il n'y a pas de mesure de l'intensité. Seules les données des réseaux grêlimétriques permettent d'aborder le problème à l'échelle départementale.

3.1.2- Le choix des départements d'étude

Le problème est en fait celui de la représentativité des données grêlimétriques . La validité des comparaisons est conditionnée par une adéquation spatio-temporelle satisfaisante entre les cultures assurées et les réseaux grêlimétriques. Pour les réseaux

grêlimétriques, nous n'avons donc retenu que les départements répondant aux trois critères suivants :

- bonne couverture des zones cultivées du département par le réseau grêlimétrique. Ont été ainsi exclus les réseaux grêlimétriques ne coïncidant pas à un département (Drôme, Loire, Lot, Dordogne).
- densité suffisante du réseau de grêlimètres. Celui de l'ADELFA (Association Départementale d'Etude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques) des Pyrénées-Atlantiques, trop lâche et peu homogène a été exclu.
- durée suffisante des enregistrements. Le minimum retenu est de 5 ans pour le Tarn-et-Garonne. La durée des enregistrements est de 7 à 10 ans pour les autres départements.

Dans la plupart des départements, les réseaux grêlimétriques coïncident avec les zones cultivées ce qui renforce la validité de la comparaison entre les pertes de récoltes et les paramètres physiques annuels de la grêle.

Dans les départements aptes à cette comparaison (tableau 49), c'est en général le S/K toutes cultures confondues qui a été retenu. Il a été remplacé par le taux de sinistralité sur vigne dans les deux départements charentais où le réseau grêlimétrique couvre à peu près le vignoble (monoculture). Enfin, la comparaison sinistralité/grêlimétrie a été testée sur les cultures fruitières dans les départements où ces dernières sont assez étendues (Lot-et-Garonne, Tarn-et-Garonne et Cher).

3.2- Les rapports entre risque-agent et dommages à l'échelle départementale

Le tableau 49 reprend les coefficients de corrélation linéaires interannuels entre les différents paramètres choisis. La fréquence (voir chapitre 2) est mesurée en pourcentage des grêlimètres touchés par la grêle (diamètre maximal mesuré au moins égal à 8 mm) chaque année. L'énergie totale cumulée (en $J.m^{-2}$) sur les grêlimètres du département est pondérée par le nombre de grêlimètres installés, ce qui revient à une énergie moyenne annuelle reçue par mètre carré .

Les coefficients de corrélation entre la fréquence de la grêle mesurée par la grêlimétrie et la sinistralité sont statistiquement significatifs dans 6 des neuf départements choisis et ce, malgré le nombre limité d'années. Ils sont particulièrement élevés en Gironde, dans le Cher et le Tarn-et-Garonne, plus faibles dans les Charentes sans qu'il soit possible d'expliquer de façon définitive ces différences. On peut bien sûr, sur un

Tableau 49 - Relation entre chutes de grêle et dommages par département

département	nombre d'années* (réseau grêlimétrique)	r ₁ = coef. de corrélation S/K total / fréquence	r ₂ = coef. de corrélation S/K total / énergie	r ₃ = coef. de corrélation S/K fruit / fréquence	r ₄ = coef. de corrélation S/K fruit / énergie
Charente	8 (ANELFA)	<i>0,55</i> (vigne slt)	0,88		
Charente-Maritime	8 (ANELFA)	<i>0,34</i> (vigne slt)	0,38		
Cher	7 (ANELFA)	0,87	0,85	0,76	0,7
Haute-Garonne	10 (ANELFA)	<i>0,59</i> **	0,78		
Gironde	8 (ANELFA et ACMG)	0,9	0,73		
Landes	8 (ANELFA)	<i>0,61</i>	<i>0,39</i>		
Lot-et-Garonne	8 (ACMG)	0,74	0,7	0,83	<i>0,49</i>
Hautes-Pyrénées	9 (ANELFA)	0,76	<i>0,17</i>		
Tarn-et-Garonne	5 (ACMG)	0,92	0,91	0,97	0,95
total des départements	72 années*départements	0,74	<i>0,52</i>		

* Le nombre d'années est le nombre de couples de données de la régression

** Significatif pour risque d'erreur = 0,1

- En italique : coefficients de corrélation non significatifs pour un risque d'erreur = 0,05

nombre d'années aussi faible, invoquer la variabilité interannuelle, mais d'autres facteurs interviennent certainement comme la répartition des capitaux APSAD qui servent ici de base de calcul. L'intégration des chiffres Groupama, qui sera possible dans le futur grâce à meilleure centralisation des données des caisses régionales, devrait améliorer les résultats. L'allongement des séries, tant pour la grêlimétrie que pour les résultats de l'assurance, augure bien de comparaisons significatives, d'autant plus que les coefficients de corrélation sont élevés (et largement significatifs) entre le S/K sur fruits et assimilés et la fréquence des chutes de grêle dans trois départements où les capitaux APSAD sont représentatifs pour ce type de cultures.

L'énergie, qui, on l'a vu, est un bon indicateur des dégâts sur végétaux à l'échelle de la plante ou de la parcelle, ne l'est plus à l'échelle macroéconomique. Les résultats sont en tout cas moins bons que pour la fréquence et surtout moins constants d'un département à l'autre. On s'étonnera du coefficient de corrélation entre le S/K total et l'énergie moyenne annuelle par grêlimètre dans les Hautes-Pyrénées qui n'est que de 0,17 (il reste

tout de même positif !). Pour l'ensemble des départements représentant 72 départements*années, le coefficient de corrélation entre dommages et énergie est faible : $r_2 = 0,52$ alors que $r_1 = 0,74$ pour la relation S/K total / fréquence.

A noter que nos tentatives pour pondérer la variabilité spatio-temporelle des énergies (entre autres en prenant non plus la valeur de l'énergie reçue dans chaque département chaque année mais son logarithme) n'ont guère amélioré les comparaisons. De même pour les fréquences, la prise en compte des chutes de grêle avec un diamètre maximal de grêlon inférieur à 8 mm ne change guère les résultats.

3.3- La relation sinistralité /risque-agent à l'échelle de la France

3.3.1- La forte corrélation des fréquences de chute de grêle et de la sinistralité

A l'échelle de la France, les relations entre les indicateurs assuranciers et la fréquence des chutes de grêle mesurée par les réseaux grêlimétriques sont riches d'enseignements (tableau 50 et figure 37). La régression interannuelle des indicateurs économiques en fonction de la fréquence des chutes de grêle sur la période 1988-1996 donne des coefficients de corrélation linéaire élevés. Pour la relation fréquence de la grêle/S/K, le coefficient de corrélation linéaire est de 0,93. La droite d'ajustement a pour équation :

$$S/K = 0,1 F - 0,06$$

avec S/K = rapport (en %) indemnités versées/capital assuré toutes cultures et toutes compagnies confondues (source : AIAG)

et F = % de grêlimètres touchés sur les deux réseaux grêlimétriques (diamètre de grêlon maximal au moins égal à 8 mm).

Pour la relation fréquence/S/C, le coefficient de corrélation linéaire est de 0,94. La droite d'ajustement a pour équation :

$$S/C = 4,54 F - 5,98$$

avec S/C = rapport indemnités versées/cotisations encaissées toutes cultures et toutes compagnies confondues (source : AIAG)

et F = % de grêlimètres touchés sur les deux réseaux grêlimétriques (diamètre de grêlon maximal au moins égal à 8 mm).

Tableau 50 - Indicateurs assuranciers et fréquence des chutes de grêle

année	pourcentage de grêlètres touchés*	S/K national** en %	S/C national** en %
1988	16,1	1,72	72,88
1989	19,38	2,02	87,86
1990	12,29	1,46	62,84
1991	11,38	0,92	38,78
1992	22,63	2,63	111,52
1993	33,86	3,4	156
1994	29,84	2,55	113
1995	11,1	0,95	44,14
1996	16,79	1	46,9

* sur les réseaux grêlométriques ANELFA et ACMG

** toutes cultures (serres incluses), marché APSAD et Groupama (source AIAG)

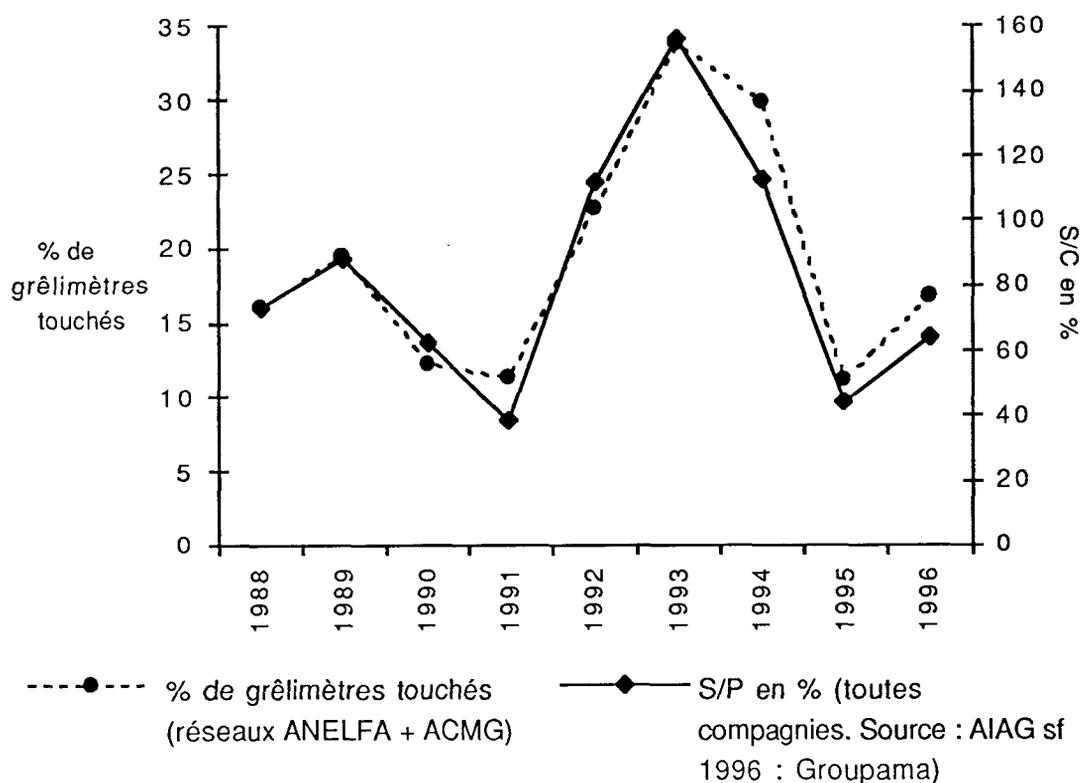


Fig. 37 - La forte relation entre la fréquence de la grêle et la sinistralité-grêle en France

Malgré le faible nombre d'années, les coefficients de corrélation sont statistiquement significatifs pour un risque d'erreur de 0,02. Les bons résultats sont dus au lissage des données à l'échelle nationale. La prise en compte de tous les sinistres et de tous les capitaux assurés sur le territoire lisse la variabilité spatiale du phénomène grêle. On a vu avec l'étude départementale que plus on réduisait l'espace d'étude, moins la relation entre fréquence et sinistralité est forte. Il faut reconnaître aussi la bonne représentativité des régions couvertes par les réseaux grêlimétriques. Ces derniers sont installés dans des régions de cultures sensibles à la grêle. Les départements comme le Cher, la Loire ...permettent de rendre compte des chutes de grêle dans les régions autres que le Sud-Ouest et le Sud-Est. Les résidus assez forts comme celui de 1996 peuvent s'expliquer par de fortes chutes de grêle sur une région peu couverte par les grêlimètres. En 1996 (carte 71 ci-dessus), les dommages ont été particulièrement élevés dans le Sud-Est, peu couvert par les grêlimètres, et plus faibles dans les départements bien équipés du Sud-Ouest .

La relation entre les indicateurs assuranciers et l'énergie est moins satisfaisante. La prise en compte des énergies privilégie la concentration spatiale alors qu'à l'échelle nationale, la sinistralité est plus dépendante de la surface touchée. Le pourcentage de grêlimètres touchés rend mieux compte de la surface endommagée. L'énergie des chutes de grêle intervient dans l'explication de la variabilité interannuelle des résultats, variabilité plus forte pour les indicateurs économiques que pour la fréquence de la grêle. Pour cette dernière, les écarts vont de 1 à 3 entre l'année la plus touchée (1993) et l'année la moins grêlifère (1995). Les rapports sont légèrement plus élevés pour le S/K et le S/C avec respectivement 1 à 3,7 et 1 à 4. L'énergie des chutes de grêle intervient donc dans l'explication résiduelle du S/K (ou du S/C) à l'échelle nationale.

3.3.2- La grêlimétrie : un outil d'évaluation rapide des dommages

Au vu de ces résultats, les données grêlimétriques seraient un bon outil d'évaluation rapide des dommages pour les assureurs. Pour l'instant, les assureurs estiment leurs pertes globales sur la France à la fin de chaque campagne en collectant les informations qui viennent petit à petit des caisses locales. La sinistralité de la campagne n'est donc connue que longtemps après les chutes de grêle. Or la fréquence de la grêle étant établie à partir des plaques grêlimétriques impactées, on peut aisément connaître en temps réel le nombre de plaques touchées et en déduire la sinistralité (S/K) ou, plus intéressant

économiquement, le bilan S/C. Certes, l'utilisation de la fréquence comme indicateur des dommages pourrait être améliorée en établissant un indice plus complexe intégrant des pondérations suivant le poids de telle ou telle région dans les capitaux assurés et le type de culture présent dans les zones équipées de grêlimètres. Il reste que la grêlimétrie constituerait un outil intéressant pour les assureurs. Dès la fin de la campagne, voire au cours de l'été, les assureurs pourraient évaluer, au moins au niveau national et avec une précision satisfaisante, les dommages causés par la grêle et les indemnités à verser. La gestion financière du risque pourrait être facilitée (constitution de provisions...) mais c'est là un domaine qui sort de notre compétence.

Conclusion

Nous vérifions ici les conclusions que nous avons émises lors de l'étude des données d'intensité et de fréquence de la grêle. La variabilité de l'énergie des chutes de grêle est beaucoup plus forte que celle de leur fréquence. Il faut donc un nombre d'années plus grand pour lisser les résultats. Ceci explique peut-être la moindre significativité des comparaisons entre énergie et sinistralité qu'entre fréquence et sinistralité. La sinistralité étant plus fortement liée à la fréquence, cela laisse supposer que toute chute est dommageable quelle que soit en fait son intensité. Ceci se vérifie en particulier pour les fruits où des grêlons de 8 mm de diamètre peuvent faire des dégâts irrémédiables. Au delà d'un certain diamètre ou d'une certaine énergie (peut-être 200 ou 300 joules par m²), les fruits sont invendables. Or les chiffres qui augmentent les valeurs des énergies reçues dans les départements sont très élevés et dépassent 1000 ou 1500 J.m⁻² comme cela s'est passé en 1994 dans le Lot-et-Garonne. Ils biaisent donc la corrélation entre énergie et dégâts puisqu'au delà de 300 J.m⁻² la perte sera, quoiqu'il arrive, de 100 %. Il faudrait donc peut-être exclure ces fortes énergies des régressions.

La fréquence de la grêle est donc la plus apte à expliquer les dommages de la grêle sur les récoltes à l'échelle macroéconomique c'est-à-dire le département ou la France entière. C'est le nombre de chutes de grêle plus que leur intensité qui détermine la sinistralité-grêle d'une année.

L'autre enseignement de ces comparaisons est que la grêlimétrie remplace avantageusement l'utilisation des données agricoles dans l'évaluation des techniques de lutte active (Dessens J., 1986⁸⁴). Elle pourrait aussi être avantageusement utilisée par les

⁸⁴ Voir aussi DESSENS J. : A physical evaluation of a hail suppression project with silver iodide ground burners in southwestern France. *Journal of Applied Meteorology* (à paraître, 1999)

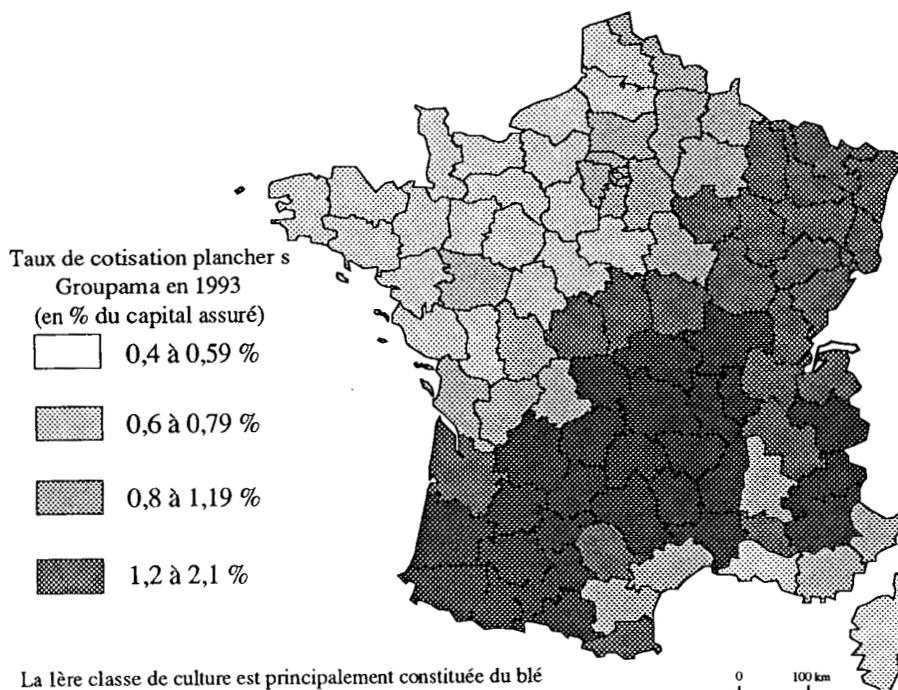
assureurs pour évaluer, aisément et en temps réel, les dommages lors de la saison grêlifère. Les assureurs ont peu recours aux indicateurs physiques pour évaluer les dommages. Pour la grêle, la bonne relation entre le paramètre physique de fréquence et les résultats financiers inciterait plutôt à développer ce genre d'outil statistique de surveillance du risque. Ce qui est appliqué à la grêle ici pourrait l'être à d'autres risques dont la sinistralité résulte de la multiplicité de petits sinistres (risque tempête, foudre...).

Conclusion

La géographie du risque réalisé, ce que Pierre Pagney (1996a) appelle le "risque réel" est une synthèse de la géographie du risque-agent et de celle du risque-objet. Les dommages de la grêle sont bien à l'intersection du risque-objet, c'est-à-dire l'enjeu socio-économique et du risque-agent, c'est-à-dire le phénomène météorologique potentiellement destructeur. En ce sens, les dommages financiers sont une des mesures les plus justes du risque, lorsqu'elle est possible.

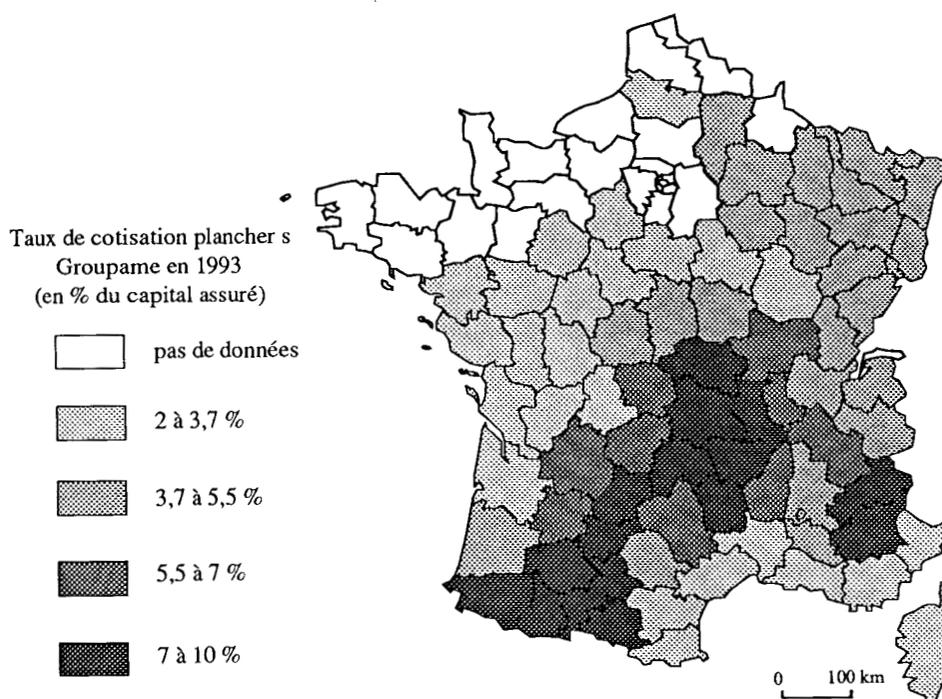
Les dommages relatifs sont exprimés en part des récoltes emportée par la grêle pour une culture donnée. Puisque la culture a une sensibilité égale face à la grêle, le pourcentage de perte exprime théoriquement l'intensité annuelle des chutes de grêle et ses variations spatiales, la géographie du risque-agent. **Le risque tarifé est l'expression la plus synthétique des dommages relatifs.** En effet ces derniers conditionnent la tarification des cotisations d'assurance lors de la souscription ou du renouvellement d'un contrat. Si l'assureur pratique une sous-tarification, il perd de l'argent. S'il surévalue ses tarifs, il va à terme perdre des clients. Même si, localement, sur quelques années, les nécessités de la concurrence peuvent faire déroger à ces principes, les assureurs ont intérêt sur le moyen et le long terme à suivre au plus près le coût réel de la grêle. Le tarif est donné pour chaque culture par le taux de cotisation. Malheureusement, nous n'avons pu obtenir, pour des raisons de secret commercial évidents, ces taux de cotisation. En revanche, nous disposons (Malaval L., 1995) des **taux de cotisation planchers** de Groupama. Ils indiquent pour le blé et la vigne les taux minimaux de cotisation à pratiquer dans chaque département. C'est la limite inférieure en dessous de laquelle l'assurance serait pratiquée à perte. On peut donc le considérer comme le coût réel de la grêle (frais de gestion non compris). Les chiffres départementaux (carte 74) datent de 1993 et ont pu quelque peu évoluer depuis mais ils donnent un ordre de grandeur. Il faut signaler que

Carte 74a - Taux de cotisation planchers "grêle" sur culture de classe 1 (1993)



Source : Groupama in Malaval L., 1995 p.6

Carte 74b - Taux de cotisation planchers "grêle" sur vigne (1993)



Source : Groupama in Malaval L., 1995 p.6

Cartes 74 - Taux de cotisation planchers en risque-grêle sur le blé et la vigne en 1993

l'APSAD dispose d'une tarification à l'échelle du canton fondée sur une longue série de statistiques cantonales à laquelle nous n'avons pu avoir accès. Dans la Drôme et l'Ardèche, Groupama a développé depuis quelques années une tarification communale, ce qui prouve la variabilité spatio-temporelle des dommages significative à l'échelle locale.

Ces cartes (carte 74a et 74b) valident celles de la sinistralité pour leurs cultures respectives bien qu'émanant de l'échantillon statistique concurrent (taux de cotisation planchers Groupama alors que nos cartes de sinistralité sont fondées sur des statistiques de l'APSAD). On retrouve la **diagonale du risque qui s'étend du Sud-Ouest au Massif central. Les fortes dispositions grêlifères des Alpes du Sud sont confirmées. L'Est et le Nord-Est ont des sinistralités moyennes. Le risque-grêle décroît vers le Bassin parisien puis les côtes de la Manche. Le pourtour méditerranéen échappe aux fortes sinistralités.** Dans deux départements (Drôme et Tarn), la tarification ne correspond pas tout à fait avec ce que nous connaissons du risque-agent et des dommages. Compte tenu des dommages, des données grêlimétriques et des taux pratiqués dans les départements voisins, les taux de cotisations planchers du département de la Drôme semblent bas. De même, dans le département du Tarn, la grêle semble moins intense que ne le laissaient penser les données climatologiques. Une étude plus fine dans ces deux départements pourrait apporter des explications.

Finalement, pour le blé comme pour la vigne, les écarts entre les taux planchers départementaux extrêmes vont de 1 à 5. On peut dire que les départements peu sinistrés comme la Loire-Atlantique sont cinq fois moins grêlés que le Gers ou le Tarn-et-Garonne. Cela se traduit, entre autres, dans la variabilité interannuelle de la grêle. Il ressort de la comparaison entre une année sinistrée (1971) et des années peu grêlées (1976 et 1996) qu'il existe une **"grêle de fond" dans le sud de la France. La diagonale de la grêle (Sud-Ouest, Massif central, Sud-Est) est soumise à une dose annuelle de grêle incompressible alors que la partie septentrionale du pays ne subit des dégâts significatifs que quelques années par décennie.**

Les cartes de sinistralité comme les comparaisons entre la grêlimétrie et le taux de sinistralité coïncident avec la carte du phénomène physique. **Les dommages sont une bonne mesure du phénomène climatique à condition de sélectionner de bons indicateurs et de procéder par type de culture.** Plus la culture est homogène, plus les dommages donnent une idée juste de la grêlimétrie d'une région. A cet égard, **la géographie des taux de cotisation planchers sur des cultures à sensibilités homogènes (blé et vigne) ressemble fort à celle du risque-agent établie (première partie).**

A côté de **la géographie** des dommages relatifs qui en apprennent au climatologue, **celle des dommages bruts est au centre des enjeux socio-économiques** du risque-grêle. Les dommages bruts sont le reflet de la répartition des cultures et de leur vulnérabilité. Ici, on quitte la géographie du risque-agent pour s'intéresser plus à celle du risque-objet. En valeur brute, les dommages s'équilibrent entre les différentes grandes classes de cultures. **Mais, alors que les dommages sur céréales sont spatialement bien répartis, les dommages sur fruits sont concentrés dans certains départements. C'est bien de cette concentration du risque que nous aurons à traiter lors de l'étude de la gestion du risque-grêle en France.**

Cette gestion est rendue difficile par :

- la concentration du risque sur les fruits,
- la concentration géographique des cultures fragiles et à fort enjeu financier dans certains bassins de production,
- la situation de ces bassins sensibles dans des régions grêlifères.

Conclusion de la deuxième partie

1- La grêle : des pertes annuelles non négligeables pour l'agriculture française

L'assurance est un bon outil de quantification des dégâts agricoles même s'il n'est pas exhaustif. En fait, c'est l'existence d'un marché du risque qui permet, qui oblige même à mesurer les dommages. L'assurance est donc pour les cultures assurées, et par extension pour toutes les productions végétales en France, un moyen d'évaluer le coût de la grêle. Nos estimations situent cette "ponction" de la grêle sur le revenu agricole entre 1,5 et 6 milliards de francs selon les années soit 1 à 4 % du produit des livraisons végétales de l'agriculture française avec une moyenne annuelle de 1,93 % ce qui est proche des chiffres enregistrés aux Etats-Unis pour des cultures, il est vrai, moins sensibles.

Pour les dégâts sur les biens non agricoles, il n'existe pas de comptabilité séparée car la garantie est obligatoirement contenue dans les contrats d'assurance-dommage. Les dommages massifs sont d'ailleurs plus rares, les variations interannuelles sont fortes ; l'approche est nécessairement plus événementielle. Sans doute un dépouillement précis des coupures de presse collectées par le GNEFA pourrait-il, à ce sujet, donner des estimations sur la récurrence et la fréquence des dégâts sur les biens non agricoles.

Pour l'assurance sur récolte, le risque viendrait plutôt d'une forte fréquence de la grêle, d'un trop grand nombre de sinistres provoquant une augmentation de la sinistralité générale. **Le risque est affaire de cumul.** Pour le risque-grêle sur bâtiments et véhicules, c'est l'orage exceptionnel englobant une **zone urbaine** qui est redouté. **Le risque tient à l'ampleur d'un événement.** Cette différence explique que le premier risque soit assurable et que le second ne le soit pas.

2- La géographie des dommages valide celle des chutes de grêle

Les résultats de l'assurance-grêle nous permettent de comparer la géographie du phénomène climatique et celle des dommages. **Cette comparaison entre le risque-agent, potentiellement destructeur et le risque réalisé** n'est guère possible pour d'autres risques naturels en France pour lesquels on s'en tient, faute d'une meilleure quantification, à la géographie du phénomène climatique ou à une approche événementielle. Qui peut dire quelle région française paie le plus lourd tribut financier aux

crues et inondations ou au gel ? On sait bien sûr que le climat méditerranéen est plus exposé aux crues, que les vallées de la Saône ou de la Loire sont régulièrement inondées mais cette distinction repose avant tout sur une approche par le risque-agent et non pas par le risque-objet ou les dommages. Ce type de quantification émerge pourtant avec une approche fréquentielle du risque inondation (Ledoux B. et Bonnefoy J.L., 1994)

Pour la grêle sur récolte, l'évaluation des sinistres se fait en cumul annuel. En effet, plusieurs dizaines ou centaines d'averses de grêle dommageables touchent la France chaque année. La quantification des dommages par événement (comme pour les inondations) n'a pas véritablement d'intérêt sauf pour quelques averses exceptionnelles. L'assurance-grêle couvrant toute la France et depuis fort longtemps, **la carte des dommages (exprimés en termes relatifs par rapport aux capitaux assurés ou aux livraisons agricoles) fournit des renseignements précieux sur le risque-agent et permet d'affiner la géographie de la grêle d'été en France.**

Les cartes de sinistralité confirment globalement la régionalisation établie à l'issue de l'étude du risque-agent (voir carte conclusion première partie). L'opposition sud /nord est nette. **Au nord d'une ligne La Rochelle/Strasbourg, la grêle n'est pas un risque majeur pour l'agriculture.** Les averses sont plus rares et moins intenses. En revanche, au sud, la grêle est un phénomène quasi annuel à l'échelle du bassin de production. **Le risque-grêle majeur prend la France en écharpe depuis le Sud-Ouest jusqu'aux Alpes** englobant le Massif central, la Vallée du Rhône et les Alpes du sud dont **la forte exposition aux chutes de grêle, subodorée dans l'analyse des fréquences des stations Météo-France, est corroborée par une forte sinistralité.**

Enfin, sur quelques départements significatifs et à l'échelle nationale, on a montré que la fréquence des chutes de grêle mesurée par la grêlimétrie et les dommages aux cultures sont fortement corrélés. **La grêlimétrie est un bon moyen de mesure voire de prévision des dommages de la grêle.** Il serait envisageable pour les assureurs d'utiliser des réseaux grêlimétriques comme outil de prévision des dommages de la grêle à court, moyen et long termes. Par ailleurs, **plus que l'intensité des chutes de grêle (les fortes intensités sont souvent très localisées) c'est leur fréquence qui est la plus fortement liée aux dégâts** à l'échelle macroéconomique. C'est la multiplication des chutes de grêle, donc des situations météorologiques instables, qui conditionne la sinistralité d'une année à l'échelle de la France. La grêle est bien un risque événementiel à l'échelle de l'exploitation mais un risque cumulatif à une échelle plus vaste.

3- La concentration économique et spatiale du risque

Les 1,9 % de pertes annuelles pourraient passer inaperçus s'ils n'étaient concentrés sur certains secteurs agricoles et dans certaines régions. Depuis les années cinquante, l'assurance-grêle, traditionnellement réservée aux céréales et à la vigne, s'est étendue aux fruits. Pour ceux-là, elle garantit la perte de qualité et non plus seulement la quantité comme c'est le cas sur les céréales et la vigne. Le risque est donc beaucoup plus grand car le seuil d'intensité de la grêle nécessaire pour déclencher une perte de qualité est très bas : des chutes de grêle de 30 J.m^{-2} ou des grêlons de 5 mm de diamètre peuvent abîmer des fruits. A cette sensibilité des fruits à la grêle s'ajoute les forts enjeux financiers à l'hectare. **De fortes valeurs sont concentrées sur des espaces restreints** alors que l'assurance-grêle sur céréales bénéficie d'une répartition spatiale du risque : vastes surfaces assurées, faibles capitaux assurés par unité de surface. **Les fruits qui constituent 9 % des capitaux assurés concentrent 38 % des dommages dus à la grêle.**

À la concentration économique des enjeux sur les fruits s'ajoute une **concentration géographique** du risque-grêle sur certains départements. Les évaluations départementales de pertes moyennes annuelles sont difficiles à faire car les chiffres ne sont complets et fiables que depuis peu de temps. De plus, la variabilité interannuelle des dommages est plus forte qu'à l'échelle nationale. Sans doute dans quelques années des monographies régionales viendront-elles nous renseigner sur le poids de la grêle dans l'économie arboricole de départements tels que la Drôme ou le Tarn-et-Garonne où la collecte des données assurancielles est vigilante et de plus en plus fine. A titre d'exemple, on a pu estimer à 15 % en 1996 les pertes dues à la grêle sur les livraisons agricoles dans l'Ardèche particulièrement touchée cette année-là. Pour les seuls fruits, la perte atteint 24 %. Plus représentatives, les pertes dans le Tarn-et-Garonne se montent à 5,7 % de la production agricole totale en 1996, année moyennement touchée par la grêle. Si l'on compare les facteurs du risque-grêle dans le Bassin parisien et dans le Couloir rhodanien (figure 38), on constate que tant le risque-objet que le risque-agent atténuent le risque dans la première région et l'augmentent dans le Sud-Ouest.

Le Sud-Ouest intérieur (Vallée de la Garonne), le Couloir rhodanien et la vallée de la Durance sont les trois régions les plus touchées par le risque-grêle sur récolte. Dans des départements comme le Tarn-et-Garonne, Le Lot-et-Garonne, le Gers, la Drôme, l'Ardèche, le Vaucluse ou les Hautes-Alpes, la grêle est un risque climatique avec lequel les agriculteurs et surtout les arboriculteurs doivent

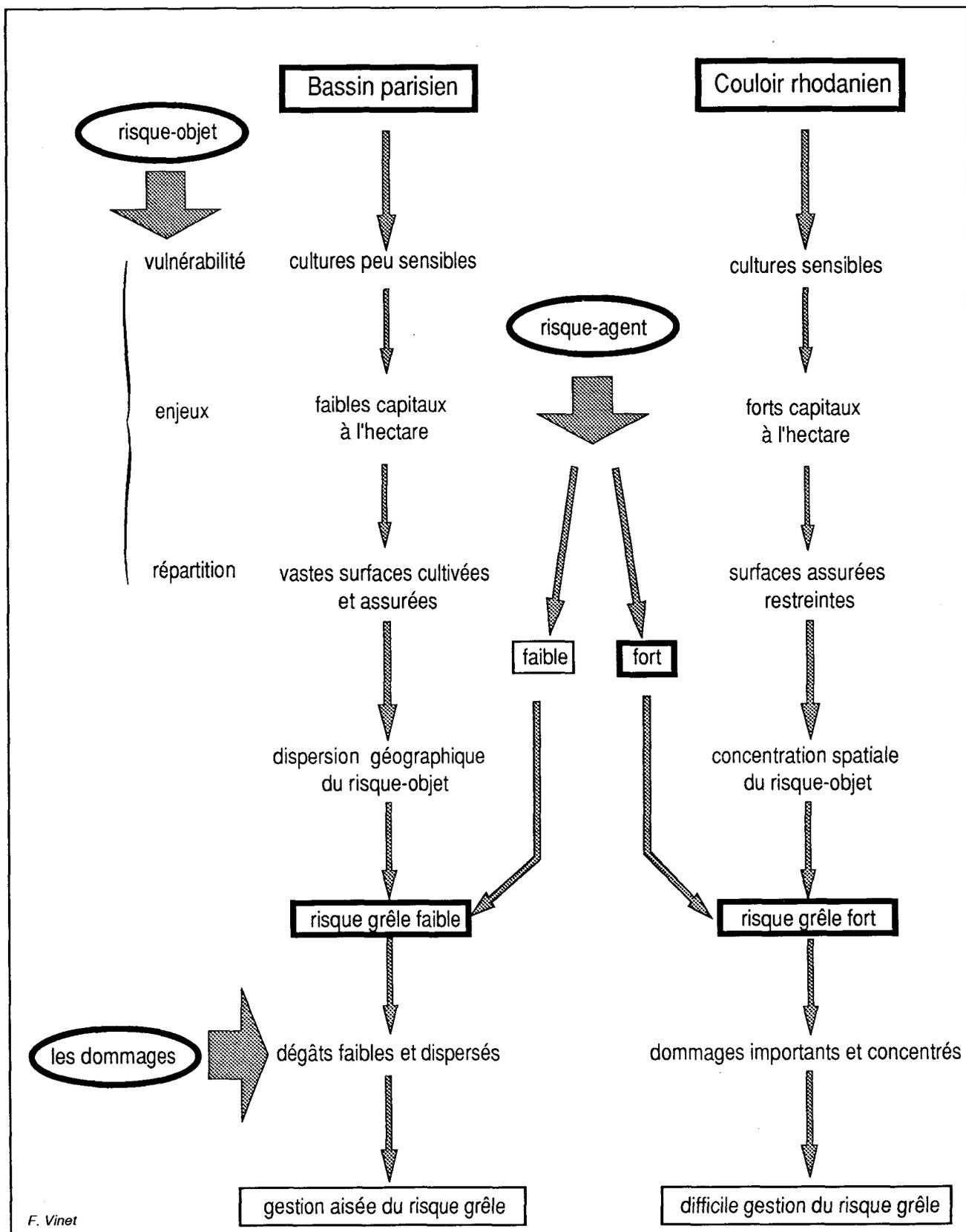


Fig. 38 - Processus de concentration et de dispersion spatiale du risque-grêle : comparaison du Couloir rhodanien et du Bassin parisien

composer en permanence. Non seulement la grêle est inscrite dans le climat mais elle s'impose à l'économie agricole comme un fléau majeur.

4- Concentration des enjeux et gestion du risque-grêle

Si l'assurance est le seul moyen de mesure du coût socio-économique de la grêle, elle ne recouvre pas toute la réalité du risque-grêle (figure 39). Elle n'est pas le seul moyen de gestion du risque-grêle. La décision de s'assurer dépend de nombreux facteurs qui sont les éléments de la gestion du risque à l'échelle de l'exploitation. La moitié des agriculteurs (non éleveurs) n'entrent pas dans le système de compensation de revenu qu'est l'assurance. Ils adoptent d'autres attitudes contre le fléau atmosphérique, soit en ne souscrivant ni aide ni prévention, soit en adhérant à d'autres formes de prévention.

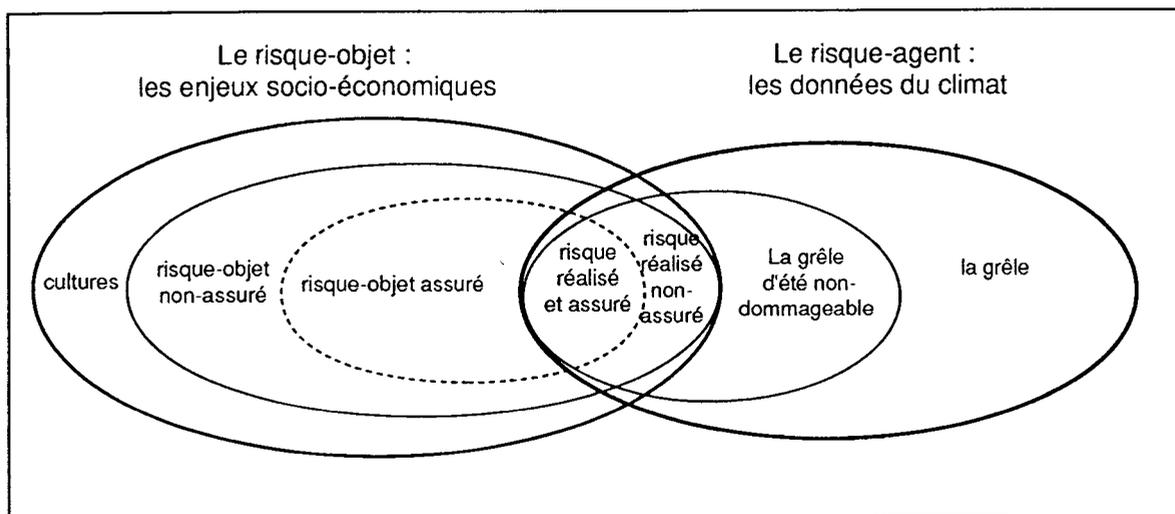


Fig. 39 - L'assurance-grêle : une couverture incomplète du risque-objet

Il y a une contradiction entre la concentration du risque-objet et le principe fondamental de l'assurance qui est de répartir le risque, de le disperser, de le mutualiser. Cela signifie que les assureurs subissent, en tout cas ne maîtrisent pas à la source cette concentration du risque. Ils en prennent acte et réagissent en fonction. Le fait que cette concentration échappe au contrôle des assureurs montre que d'autres phénomènes, à dimension géographique, agissent sur le risque-grêle et ont des répercussions sur sa gestion. On a vu que la mise en

place de l'assurance en France s'est faite par une extension progressive des aires de chalandise des compagnies, jusqu'à couvrir à peu près toute la France de façon homogène. **Quels sont les processus de concentration du risque-objet à l'origine des déséquilibres actuels dans la répartition spatiale du risque-grêle ?** Pourquoi n'ont-ils pas été totalement maîtrisés par les assureurs ? L'assurance serait-elle prête à faire face à d'abondantes chutes de grêle sur un risque-objet de plus en plus concentré ? Quels sont les alternatives à la gestion du risque-grêle par la seule assurance ?

Il se trouve que les années 1992/93/94 ont été particulièrement sinistrées. La crise qui a accompagné cette recrudescence des chutes de grêle a montré les limites du système de l'assurance-grêle et a fait émerger de nouveaux modes de gestion du risque. C'est plus de gestion du risque que de mesure du risque que nous traiterons maintenant.

TROISIÈME PARTIE :
LA GESTION DU RISQUE-GRÊLE EN FRANCE

**CHAPITRE 7 : la gestion du risque-grêle et la crise des années
1992-1995**

CHAPITRE 8 : les causes de la crise des années 1992-1995

**CHAPITRE 9 : la sortie de la crise : vers de nouveaux modes
de gestion du risque**

Introduction

L'identification et la spatialisation des dommages dus à la grêle a fait surgir des interrogations quant à la nature du risque-objet et ses implications dans la gestion du risque-grêle. Pourquoi une telle concentration spatiale des risques ? Comment gérer cette concentration du risque-objet qui s'oppose à une relative homogénéité dans la répartition du risque-agent qui touche aussi bien le sud-est que le sud-ouest de la France ? De plus, la répartition des dommages est étroitement calquée sur celle des régions fruitières. Pourquoi les cultures fruitières ont-elles fini par représenter l'enjeu principal de l'assurance-grêle ? Nous avons, dans les chapitres qui précèdent, volontairement esquivé l'analyse diachronique, privilégiant l'étude de la répartition spatiale des enjeux et des dommages. Les explications de cette concentration du risque sont à rechercher dans l'histoire de la gestion du risque. Depuis une trentaine d'années, la gestion du risque-grêle a beaucoup évolué. Les moyens à disposition des agriculteurs et leur attitude face au risque a profondément changé.

La gestion du risque-grêle s'exerce à deux niveaux : celui des exploitations agricoles et celui de la France entière.

L'assurance est certes le mode de gestion du risque le plus répandu mais il n'est pas le seul. Les agriculteurs disposent de toute une gamme de techniques pour gérer le risque, depuis les plus "volontaristes" comme la lutte active à l'iodure d'argent jusqu'aux plus "passives" comme le filet paragrêle. La gestion du risque associe la dimension technique à une dimension psychologique. Face au risque non contrôlable, J.P. Gout (1993) distingue 4 types de comportement : la négation du risque, l'acceptation passive, la fuite et la volonté de prendre des mesures. En nous inspirant de cette trame, nous avons dressé une typologie des **comportements face au risque et des modes de gestion du risque-grêle**.

A l'échelle nationale, la gestion du risque associe différents acteurs (compagnies d'assurances, organisations agricoles, associations de lutte active, pouvoirs publics...) en un **système de gestion du risque-grêle** dont l'élément fédérateur est la recherche d'une minimisation des conséquences de la grêle sur les cultures. Ce système fonctionne lorsque les intérêts des différents acteurs convergent et lorsque la faible variabilité interannuelle des chutes de grêle garantit sa stabilité. En revanche, qu'une augmentation des chutes de grêle s'opère et le système ne parvient plus à jouer son rôle. Les dysfonctionnements internes du système en arrivent même à amplifier le risque.

La recrudescence des chutes de grêle de 1992 à 1994 s'est accompagnée d'une **crise sans précédent du système de gestion du risque-grêle**. L'analyse des

causes de la crise est riche d'enseignements et met à jour les innombrables facteurs, tant physiques qu'économiques et sociaux, voire politiques, qui interviennent dans la gestion du risque-grêle et son évolution. Il faut reconnaître, sans cynisme aucun envers les agriculteurs qui ont souffert de ces chutes de grêle, que la crise, en déstabilisant le système en a facilité la lecture. Elle a mis à jour des blocages, des processus non contrôlés, en particulier celui de l'évolution récente de l'agriculture qui n'a pas été totalement pris en compte par les acteurs de la gestion du risque.

Enfin, en 1998, il nous est permis de dresser un premier **bilan de cette crise**. A-t-elle été une crise de l'assurance-grêle ou du système de gestion en général ? Quels ont été les **modifications apportées au système** ? Vers quel type de protection se portent les agriculteurs ? Quel est le meilleur moyen d'intégrer la gestion des risques climatiques dans le **développement durable de l'agriculture** ?

Nous examinerons la gestion du risque-grêle en France en trois temps, la crise du début des années 1990 nous servant de fil conducteur.

Le chapitre 7 met en place les outils de compréhension de la gestion du risque-grêle en France. Outre les indispensables définitions rendues nécessaires par le flou sémantique de mots tels que "gestion" (du risque), "crise"...l'analyse systémique permettra de débrouiller la complexité du système de gestion du risque-grêle.

Le chapitre 8 analyse les causes de la crise en montrant la convergence des évolutions de longue durée et des causes plus immédiates et conjoncturelles.

Le chapitre 9 tire les enseignements de cette crise tant dans l'évolution réelle du système de gestion du risque-grêle que pour les interrogations futures. Nous verrons comment les nouveaux impératifs de gestion économique se sont intégrés au système mais aussi comment des questions subsistent quant aux moyens de mieux gérer les risques climatiques agricoles.

Chapitre 7

La gestion du risque-grêle et la crise de 1992-1995

1- La gestion du risque-grêle

2- Le système de gestion du risque-grêle

3- Le système de gestion du risque-grêle dans la crise
des années 1992-1995

Chapitre 7

La gestion du risque-grêle et la crise de 1992-1995

Introduction

Du fait de la liberté laissée aux agriculteurs de choisir leur mode de gestion du risque-grêle, il existe un grand nombre d'attitudes possibles face au risque et un nombre aussi grand de moyens techniques d'y faire face. A l'échelle de chaque exploitation agricole, il est difficile d'affirmer quel est le moyen le plus sûr et le plus rentable de gérer le risque. C'est à l'agriculteur de se déterminer en fonction du type de culture, de ses revenus, de la fréquence de la grêle, *etc...* Il serait vain de s'apesantir sur la **gestion du risque à l'échelle de l'exploitation**. Elle relève plus de l'analyse micro-économique.

En revanche, la **gestion du risque-grêle à l'échelle nationale** peut être envisagée comme un système. L'**analyse systémique** nous a semblé nécessaire pour reconstituer la structure complexe du système et son évolution, non moins complexe, ainsi que les relations entre les acteurs et leurs intérêts parfois contradictoires.

La **crise qui a affecté le système** de gestion du risque-grêle au début des années 90 se mesure d'abord à la recrudescence des chutes de grêle. Les indicateurs socio-économiques (dommages financiers) et climatologiques convergent pour désigner cette crise comme sans précédent depuis une quarantaine d'années.

1- La gestion du risque-grêle

1.1- Règles générales de gestion des risques et spécificité du risque-grêle

Le terme de gestion doit être pris au sens large. Le mot gestion, pris au sens le plus strict, impliquerait une conscience du risque tout comme l'aménagement peut être défini par la gestion volontaire de l'espace. Or la gestion du risque peut relever de comportements plus ou moins conscients qui dictent l'attitude des acteurs (agriculteurs, assureurs...). Nous entendons par **gestion du risque, l'ensemble des outils**

(techniques, juridiques...) et des pratiques visant à atténuer les effets et réparer le cas échéant les dommages dus à un aléa naturel. La gestion du risque s'effectue donc *ex ante* par la prévention et *ex post* par la réparation.

P.A. Chiappori (1997) indique trois modes de gestion du risque : l'auto-assurance, qui recouvre dans son esprit tous les modes de gestion du risque à l'échelle individuelle, la diversification et la répartition des risques, ces deux derniers relevant du collectif. L'originalité du risque-grêle tient à la nature de l'agent naturel. Les averses de grêle sont très ponctuelles et touchent en général des surfaces assez limitées. Or la gestion du risque se fait à deux échelles : à l'échelle individuelle, par l'attitude de l'agriculteur face au risque-grêle et au niveau collectif par différents modes de répartition du risque (assurance, intervention de l'État...). Une seule averse peut être fatale à l'exploitation agricole alors qu'elle ne sera pas ressentie au niveau national, dans la comptabilité des assureurs par exemple. A l'échelle individuelle, c'est l'attitude par rapport à l'événement "averse de grêle" qui prime alors qu'au niveau national le risque résulte dans l'accumulation de nombreuses averses de grêle sur un laps de temps assez court et dans le franchissement d'un seuil de dommages. Cette originalité du risque-grêle permet sa couverture par l'assurance (chapitre 5) et a des conséquences sur la gestion financière du risque notamment au niveau de la réassurance. L'agriculteur doit gérer l'aléatoire alors qu'au niveau national la question se pose en terme de limitation des cumuls de perte et de contrôle de la variabilité interannuelle.

1.2- La gestion du risque dans l'exploitation agricole : quelle attitude face au risque de grêle ?

La gestion de l'aléatoire, d'un phénomène dont on ne sait pas quand il va frapper l'exploitation agricole, met l'agriculteur face à un choix. Ce choix se fait de plus en plus selon des critères financiers qui ne sont pas toujours faciles à évaluer. Du fait de la forte variabilité de la grêle en un point, il est parfois difficile d'établir des récurrences : la grêle atteint-elle l'exploitation tous les deux ans ? tous les cinq ans ? avec quelle intensité ? Face à l'hypothèse d'une chute de grêle, les attitudes et pratiques sont nombreuses. La première qui vient à l'esprit est l'assurance dont nous avons déjà abondamment parlé. Le choix de l'assurance est fait par une petite moitié des agriculteurs. Cela signifie donc que 50 % des agriculteurs choisissent un autre mode de gestion (ou de non-gestion !) du risque. L'exploitant agricole peut adopter trois attitudes face au risque-grêle (Figure 40).

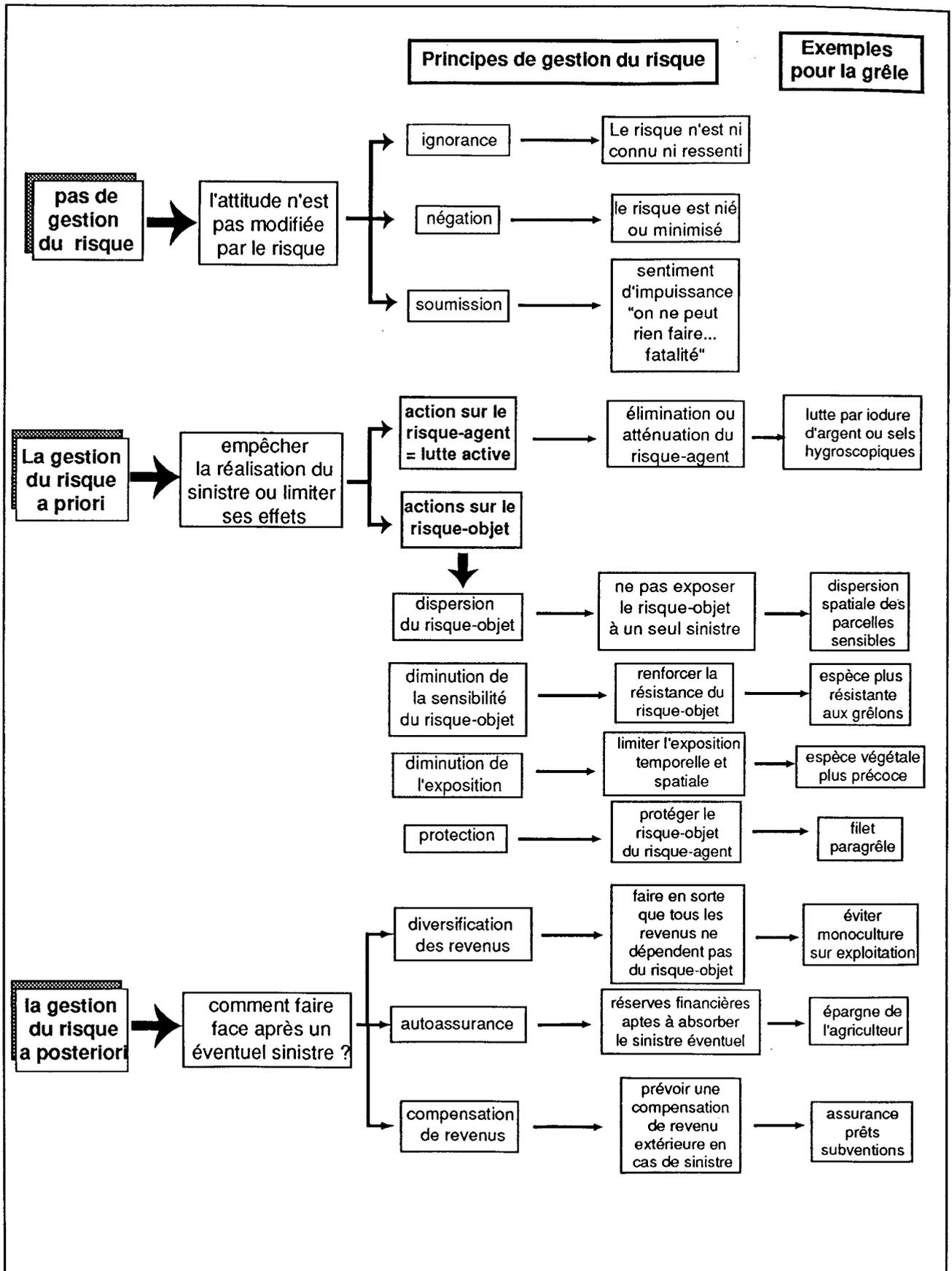


Fig. 40 - Les attitudes face aux risques d'origine naturelle : l'exemple de la grêle

- **l'autogestion** : un bon nombre d'agriculteurs n'ont recours à aucun mode gestion particulier. Si gestion du risque-grêle il y a, elle est difficile à apprécier et à quantifier. C'est souvent une gestion minimale.

- **la prévention et la lutte active** : la prévention s'exerce, par définition, avant que le sinistre ait lieu. Elle est largement préconisée dans la gestion des risques d'origine naturelle (Gout J.P., 1993 ; Sanson Ch., 1993 ; Bourrelier P.H. et alii, 1997). Elle consiste en général à éviter ou minimiser les conséquences d'un phénomène naturel catastrophique. Mais les actions volontaires destinées à minimiser les facteurs de risques hydromorphologiques (recalibrage des cours d'eau, reboisement, perméabilisation des surfaces...) ne sont pas applicables à la grêle car il s'agit d'un risque climatique direct. Pour la grêle, la prévention vise soit à empêcher que la grêle ne tombe, (c'est ce que l'on appelle la **lutte active**), soit à empêcher qu'elle n'atteigne les biens en les **protégeant** (appelé parfois lutte passive).

- **la compensation** : lorsque le sinistre a eu lieu, on ne peut plus parler de prévention. On passe aux **réparations** ou aux **compensations**. La réparation des biens consiste à les restaurer ou les reconstruire plus ou moins à l'identique. La compensation (souvent financière) intervient lorsque la réparation n'est pas souhaitée ou impossible. Pour les victimes des catastrophes naturelles, seule la compensation est possible. Elle n'entre pas dans le cadre de la loi de 1982 sur les catastrophes naturelles. Pour la grêle sur les récoltes, c'est la compensation financière qui prévaut puisque les récoltes abîmées ne sont pas reconstituables à la manière d'un bâtiment.

1.2.1- L'autogestion du risque

Certains agriculteurs ne font appel à aucune prestation extérieure. Dans ce cas, la gestion du risque se limite à une tentative assez empirique d'atténuation du risque .

1.2.1.1- La conscience du risque

La gestion implique une conscience du risque. Or tous les agriculteurs n'ont pas la conscience du risque-grêle : soit du fait des cultures pratiquées (céréales ou cultures peu sensibles en général), soit à cause de la quasi absence de grêle dans la région siège de l'exploitation.

1.2.1.2- L'attitude passive

Dans ce cas, l'agriculteur a conscience du risque que peut représenter la grêle pour ses cultures. Mais, il décide de n'adopter aucune attitude particulière soit parce qu'il

estime que le risque (risque-agent ou risque-objet) n'est pas suffisant pour qu'on lui prête attention, soit parce qu'il se trouve démuné financièrement ou techniquement, sans moyen de gestion adapté face à un risque trop prégnant. La Bretagne fournit un bon exemple de la première attitude. Les averses graves y sont rares. Le risque est pratiquement ignoré. À l'inverse, le rapport FNPF-ONIFLHOR (1996) signale des exploitants de régions très sinistrées du Sud-Est ou du Sud-Ouest démunis face à la grêle, s'en remettant au jugement des cieux après le refus implicite des assureurs de prendre en charge leur risque-grêle.

1.2.1.3- Compensation des risques et auto-assurance

Une troisième solution consiste pour l'agriculteur à développer des systèmes d'autoassurance ou de compensation des risques à l'intérieur de l'exploitation. Ces systèmes ne sont pas forcément financiers. Ils consistent à atténuer le risque en répartissant le risque-objet. Hervé Ossard (1997) parle de "stratégies contre-aléatoires". Ce système se développe dans l'arboriculture face au risque économique. Pour pallier les variations interannuelles de cours des fruits, certains arboriculteurs diversifient leur verger. La culture de plusieurs espèces (pommes, cerises et abricots par exemple) sur la même exploitation limite les risques liés à l'effondrement éventuel des cours de l'un ou l'autre des produits. On peut imaginer dans le cas du risque-grêle une limitation des risques économiques par une diversification des activités sur l'exploitation. Il est évident qu'en cas de grêle, une exploitation cent pour cent arboricole est plus vulnérable qu'une exploitation qui combinera plusieurs activités comme la céréaliculture, l'arboriculture et le hors-sol. Il faut dire cependant que cette diversification est difficile à atteindre et que la polyculture recule au profit d'une spécialisation des exploitations agricoles. La diversification des activités des exploitations est donc difficilement praticable et lorsqu'elle l'est, c'est rarement en tant que mode d'atténuation des risques économiques liés à la grêle.

En viticulture, le système des quotas de production à la parcelle permet de compenser une perte causée par une averse de grêle d'extension limitée. En effet, imaginons une exploitation tenue par un quota de 45 hl/ha. Pour simplifier, disons que l'exploitation est constituée de deux parcelles d'un hectare chacune. Une des parcelles produit un rendement final de 60 hl/ha soit 15 hl/ha au-dessus du quota. La seconde parcelle est touchée par la grêle. Son rendement n'est finalement que de 30 hl/ha. Les 15 hl/ha de "surproduction" (au-dessus du quota) sur la première parcelle sont reportés sur la parcelle touchée par la grêle. Le quota déclaré pour l'exploitation est donc finalement de 45 hl/ha. Cette astuce n'est évidemment pas officiellement pratiquée mais elle sert

occasionnellement de méthode de compensation des dommages de la grêle au moins dans les vignobles où elle n'est pas censée nuire à la qualité des vins.

L'auto-assurance peut, en revanche, être pratiquée dans les exploitations en bonne santé financière par la constitution de réserves de trésorerie susceptibles de pallier une perte faible ou moyenne due à une averse de grêle. Ce type de gestion du risque trouve ses limites lorsque les taux de perte sont élevés et que la capacité financière des réserves de l'exploitation est dépassée par l'ampleur des dégâts.

L'autogestion du risque est difficilement décelable et quantifiable. Difficile de dire si l'exploitant tient compte de la grêle, implicitement ou explicitement, dans ses modes de culture. Lorsque la gestion du risque reste au niveau de l'exploitation, l'agriculteur n'entre pas véritablement dans le système de gestion du risque. En revanche, le recours à des prestataires extérieurs à l'exploitation l'oblige à s'insérer dans ce système. L'exploitant dispose d'une gamme de modes de gestion allant de la prévention à la compensation voire combinant les deux.

La prévention consiste, dans le cas de la grêle, à empêcher que les grêlons n'atteignent les récoltes : c'est la protection. La lutte active, elle, vise à empêcher les chutes de grêle en agissant directement sur les cumulonimbus potentiellement grêligènes.

1.2.2- La protection par filets paragrêle

Le principe de protection consiste à empêcher les grêlons d'atteindre la récolte. L'emploi des filets paragrêle s'est développé dans les années soixante en Autriche et en Italie. Ils couvrent les vergers pendant toute la saison grêlifère. Leur intérêt est de préserver le produit des grêlons alors que l'assurance n'est qu'une indemnisation financière du produit détruit. C'est là une différence fondamentale qui explique le développement actuel des filets. C'est un peu l'équivalent du principe de précaution pour les risques anthropiques (Roussel I., 1997). Les installations de filets sont fixes et coûteuses. Cette méthode, idéale dans son principe, est seulement applicable aux cultures pérennes à forte valeur à l'hectare. Seules, pour l'instant, les cultures fruitières remplissent ces conditions.

1.2.3- La lutte active contre la grêle

Les méthodes de lutte sont nombreuses. Elles vont des plus farfelues et des plus inefficaces aux méthodes testées et pratiquées scientifiquement.

1.2.3.1- Superstitions et intervention divine

La lutte contre la grêle est affaire ancienne (Chassany J., 1982 ; Desplat Ch., 1995, Malaval L., 1994). Les averses de grêle ont suscité à travers les âges frayeurs et craintes. Depuis le Moyen Age (et sans doute avant !) et jusqu'au XX^{ème} siècle ont persisté des pratiques divinatoire destinées à lutter contre la grêle. Les processions et prières furent parmi les premiers remèdes préconisés contre la grêle. Desplat Ch.(1995) signale même qu'en 1685, les Basques de Saint-Étienne-de-Baïgorry fondèrent l'ermitage d'Oylarandoy "pour bénir l'air et apaiser la colère de Dieu" à la suite des chutes de grêle qui se sont abattues sur la vallée. Les prêtres sont investis du rôle de chasseurs de grêle. Superstitions et charlatanisme ne manquent pas d'entourer ce fléau particulièrement redouté dans un monde où la survie du village dépend de l'abondance des récoltes. Desplat Ch. (1995) rapporte des cas de charlatans, des "faux sorciers, chasseurs de grêle" coupables selon le Parlement de Navarre d'"entretenir la crédulité du peuple sur de prétendus sortilèges"... Un certain Tuquet de la Marquette est accusé "d'avoir fait une quête pour la rétribution d'un Basque qui prétendait détourner la grêle des endroits qu'il protégeait"... Les méthodes les plus fantaisistes étaient nombreuses à prétendre chasser la grêle : elles allaient de "perches plantées dans le sol surmontées de signes magiques" (Mezeix J.F. et *alii*, 1986) aux "niagaras électriques" du début du XX^{ème} siècle en passant par l'artillerie.

1.2.3.2- Les techniques de lutte active actuelles

La lutte active désigne les méthodes et processus visant à réduire les chutes de grêle. Elle agit donc soit en empêchant la grêle de se former soit en détruisant les grêlons avant qu'ils ne tombent. Il faut distinguer deux types de lutte : les luttes anciennes de lutte acoustique, plus ou moins fantaisistes, dont l'inefficacité a pratiquement été démontrée et les méthodes de lutte chimique dont le sérieux dépend des vecteurs employés. Nous avons peu évoqué ces techniques jusqu'à présent sauf en relation avec la grêlimétrie. Ces techniques plus ou moins controversées méritent que l'on s'y attarde car elles impliquent de nombreux agriculteurs en France. On doit en tenir compte dans la gestion du risque-grêle.

* La lutte chimique

À côté de la méthode acoustique, coexistent plusieurs méthodes de lutte chimique. Ces méthodes consistent à injecter dans le cumulonimbus des substances chimiques destinées à contrarier la formation de gros grêlons. Les techniques diffèrent en fonction

de l'agent chimique (sels hygroscopiques ou iodure d'argent) et du vecteur employé (avions, fusées ou générateurs au sol).

* La lutte active dans le Sud-Ouest de la France

Deux associations testent (ACMG) ou pratiquent opérationnellement (ANELFA) des méthodes de lutte chimique active contre la grêle. La première utilise des sels hygroscopiques injectés par avions dans la zone d'alimentation du nuage potentiellement grêlifère. L'ANELFA utilise l'injection d'iodure d'argent par un réseau de générateurs au sol. Il serait trop long de développer ici ces deux méthodes qui sont résumées en annexe 4. Nous avons déjà évoqué ces associations dans les chapitres relatifs à la grêlimétrie (chapitre 2) et à l'explication des chutes de grêle (chapitre 3) car elles testent l'efficacité de leur méthode par des réseaux grêlimétriques⁸⁵.

Un système fondé sur l'utilisation de fusées plus puissantes avait été mis en place par les Soviétiques dans les années soixante. Les fusées montant à 8000 m d'altitude injectaient de l'iodure d'argent dans la zone de formation des embryons glaçogènes. D'après l'expérience Grossversuch IV, cette technique de lutte active ne fut guère concluante (voir Federer B. et *alii*, 1986 et la réponse de J. Dessens, 1988).

En 1998, une vingtaine de pays dans le monde testent ou pratiquent une lutte anti-grêle reconnue par l'OMM. La bibliographie est extrêmement abondante et des rencontres périodiques permettent aux chercheurs de faire le point sur l'état des recherches. Tout ceci témoigne de l'enjeu économique des chutes de grêle et du défi scientifique à relever.

Il faut bien distinguer ce type de lutte active, contrôlé, testé et pratiqué sur de vastes espaces avec une assistance météorologique, des types de lutte sans fondement scientifique tels que les canons ou les petites fusées.

* Les fusées anti-grêle

Actuellement (1998) en France, fonctionnent des systèmes locaux de tirs de petites fusées. Ces fusées (70 cm de hauteur) commercialisées par la société Ruggieri⁸⁶ doivent injecter de l'iodure d'argent dans les nuages afin de réduire la croissance des grêlons. Jusqu'à présent, ce vecteur n'a jamais démontré son efficacité. Les scientifiques (Mezeix J.F. et *alii*, 1986) estiment que les fusées ne montent pas assez haut (1500 à 2000 mètres) pour atteindre la zone de formation des grêlons (l'isotherme 0°C est en général situé à

⁸⁵ Voir Dessens J. A physical evaluation of a hail suppression project with silver iodide ground burners in southwestern France. *Journal of Applied Meteorology* (à paraître, 1999)

⁸⁶ Nos deux courriers suivis d'appels téléphoniques auprès de la société Ruggieri, commercialisant des fusées antigrêle, n'ont pas été suivi d'effets. D'après un article du Monde du 9 août 1994, la société Ruggieri commercialiserait 10000 fusées anti-grêle par an au prix unitaire de 500 à 600 FF.

4000 m d'altitude). De plus, le tir des fusées n'est pas fondé sur un suivi de la situation météorologique qui permettrait de mieux viser les zones d'alimentation du cumulonimbus. On peut enfin regretter l'opacité de l'information qui entoure ces pratiques. Il serait au moins souhaitable que les résultats de ces tirs soient publiés afin de les confronter aux dégâts de la grêle. L'adhésion à cette méthode dans quelques secteurs de vignobles (Muscadet, Beaujolais) s'explique entre autres par la monoculture renforçant la cohésion des organisations d'agriculteurs. Des enquêtes locales pourraient mettre en évidence les mécanismes psychologiques, sociaux et financiers qui interviennent dans la mise en place de ces réseaux locaux de lutte par les fusées.

* Les méthodes "acoustiques"

Outre les invocations verbales brièvement évoquées ci-dessus, des pratiques prétendument grêlifuges mettaient à contribution les cloches de l'Eglise dont le bruit était censé éloigner les funestes météores.

A partir du XIX^{ème} siècle sont apparues des méthodes de lutte technique. J. Chassany (1982) nous livre toute une gamme d'appareils destinés à lutter contre la grêle. Les vertus grêlifuges des ondes de choc sonores furent reprises par les canons anti-grêle. Ces canons eurent un beau succès à la fin du siècle dernier. L'explosion de 80 à 250 g de mélange détonnant propulsé vers le ciel par une sorte d'entonnoir de 2 à 4 mètres de hauteur "devait, lors du passage d'un orage, supprimer la grêle par ébranlement des couches d'air ou par modification du champ électrique" (Mezeix J.F. et alii, 1986). La technique atteint son plein développement en 1900 : on dénombra cette année-là 15 000 canons en Italie. Les canons étaient nombreux en France, Espagne, Hongrie et Autriche. Malheureusement pour les promoteurs de ces méthodes, les polémiques ne tardèrent pas. On vit l'action de certains canons stoppée net par l'accumulation de grêlons dans l'entonnoir. Le mauvais fonctionnement de canons entraîna en 1900 la mort de 7 personnes et en blessa 78 autres. La méthode fut progressivement abandonnée. Dans les années 30, quelques militaires⁸⁷, par nostalgie ou déformation professionnelle, donnèrent dans la canonnade afin de bouter les grêlons hors de nos campagnes... sans plus de résultat. On pensait ces techniques révolues lorsque réapparurent dans les années 70 des canons commercialisés par des firmes françaises puis espagnoles. Des études menées par le GNEFA (Mezeix J.F. et alii, 1974) ont démontré l'inefficacité de ces canons. Des morceaux de glace placés à quelques mètres des canons ne sont en rien altérés (ni fondus,

⁸⁷ En particulier le célèbre colonel Ruby (1952) auteur de " *La grêle. Etude sur la formation de la grêle et les moyens de s'en défendre*" ouvrage non dépourvu d'informations scientifiques crédibles pour l'époque.

ni fractionnés) par l'émission acoustique. Pourtant des sociétés continuent en 1998 de commercialiser ces appareils ici et là en France.

Il est difficile de savoir combien d'agriculteurs sont concernés en France par ce mode de lutte qui ne semble guère plus efficace que les toscins d'antan.

Il faut tenir compte de ces techniques et de leur perception par les agriculteurs dans la gestion du risque-grêle. Dans le sud-ouest de la France, les agriculteurs peuvent choisir entre l'adhésion à un groupement de lutte active ou l'assurance en plus des nombreuses autres attitudes possibles face au risque-grêle. Il est difficile de quantifier la part de ces différents modes de gestion qui ne sont d'ailleurs pas exclusifs.

1.2.4- La compensation des dommages

Après un sinistre, lorsqu'il y a eu réalisation du risque, la gestion du risque se fait par la réparation des dommages. L'agriculteur, sauf cas exceptionnel ne peut retrouver le produit détruit par la grêle. Outre les pratiques visant à minimiser les conséquences de la grêle (traitement des cultures) pour la récolte à venir, les compensations sont avant tout financières.

1.2.4.1- L'assurance

Nous avons vu dans le chapitre 5 que l'assurance est choisie par environ une moitié des agriculteurs. Son choix résulte d'un complexe de facteurs parmi lesquels les taux de cotisation sont évidemment déterminants. Les formules proposées par les assureurs sont très nombreuses. Il faut rappeler que l'agriculteur se doit d'assurer toutes les cultures de même nature sur son exploitation. Il ne peut par exemple assurer certaines parcelles de vigne et ne pas en assurer d'autres qu'il estimerait moins exposées.

Le paradoxe de l'assurance résulte de sa forte liaison avec la santé économique de l'exploitation. En effet, seule une exploitation agricole en bonne santé peut s'offrir l'assurance surtout si son coût atteint 10 % des capitaux c'est-à-dire 10 % des revenus escomptés pour l'année. Pour les arboriculteurs du Sud-Ouest ou du Couloir rhodanien, l'assurance lorsqu'elle est souscrite peut représenter le deuxième poste de dépense de l'exploitation après la main-d'oeuvre. Or ce sont les exploitations en difficulté de trésorerie qui sont les plus vulnérables en cas de chute de grêle mais elles n'ont pas les moyens financiers de s'assurer ou le font à des conditions de garantie minimales (fortes franchises, faibles capitaux assurés...). Un des reproches faits à l'assurance est de mieux protéger les riches que les nécessiteux.

1.2.4.2- Autres compensations financières

Outre l'assurance, des compensations financières sous forme de prêts ou des aides exceptionnelles (de la part des conseils généraux ou des chambres d'agriculture) peuvent aider l'agriculteur à surmonter une période difficile après qu'une chute de grêle a endommagé ses récoltes.

1.2.4.3- La compensation des produits

Il existe des possibilités de rachat de vendanges mais les procédures sont très complexes et très contrôlées. Souvent les viticulteurs court-circuitent l'administration en échangeant entre eux des récoltes. L'échange obéit aux mêmes mécanismes que ceux expliqués plus haut (ci-dessus 1.2.1.3) La part de récolte au-dessus du quota est cédée par un viticulteur non sinistré à son voisin sinistré. Ce procédé n'est pas systématique et n'est praticable que pour les vignobles soumis à quota. On trouve là les limites de la compensation qui n'est pas la réparation. Pour efficace qu'elle soit dans la survie des exploitations agricoles, la compensation financière ne remplace pas le produit détruit. C'est aussi une originalité des dommages sur récolte par rapport aux dégâts sur les biens tels que les bâtiments ou les véhicules. Une maison peut être reconstruite, une automobile remplacée, mais la récolte détruite est un revenu définitivement perdu. La nécessité de conserver le produit, et pas seulement son équivalent financier, explique le succès actuel des filets.

1.3- La gestion du risque à l'échelle nationale

1.3.1- De l'événement au seuil critique

Contrairement à ce qui se passe sur une exploitation agricole, il n'est pas d'année sans que la France ne soit atteinte par des chutes de grêle. A l'échelle nationale, la gestion du risque-grêle n'est donc plus une question d'attitude face au phénomène mais une gestion des cumuls de dommages atteints. La question ne se pose pas en terme de probabilité (grêle ou non-grêle) mais en terme de seuil de perte atteint ou dépassé. L'assureur raisonne en terme macroéconomiques alors que la préoccupation de l'agriculteur est microéconomique (assurer la bonne santé et la pérennité de son entreprise). Le risque est bien contrôlé lorsqu'il y a adéquation entre les deux niveaux.

1.3.2- La répartition des risques

Les assureurs qui travaillent à l'échelle nationale voire internationale disposent de plusieurs artifices économiques pour répartir le risque. La **répartition** se fait d'abord **dans le temps**. Des provisions sont constituées lors des années peu sinistrées et restent théoriquement à disposition pour faire face à de grosses indemnités lors des années très grêlées. Les assureurs **partagent aussi les gros risques**. Lorsque des grands vergers (plusieurs millions de francs de capitaux) demandent à souscrire une assurance-grêle, les assureurs vont se partager les capitaux de façon à ce qu'en cas d'averse de grêle, les dommages pèsent moins lourds dans le bilan de chacun d'eux. Enfin, on peut assister aussi à des **transferts géographiques** de risque entre assureurs toujours dans le souci d'éviter que de trop gros enjeux financiers soient à la merci d'une seule averse de grêle.

Partage et transfert de risques (Chiappori P.A., 1997, p. 33 et 43) sont des moyens de mutualisation, de répartition, indispensables dans la gestion des risques d'origine naturelle.

1.3.3- Peut-on parler d'une gestion du risque au niveau national ?

Si jusqu'à présent nous avons traité abondamment de l'assurance, c'est parce qu'elle est un outil de mesure des dommages mais ce n'est pas le moyen exclusif de gérer le risque-grêle. Une petite moitié seulement des agriculteurs y a recours. Les assureurs gèrent un risque économique. L'assurance dépendant de la loi du marché, il n'est pas dans ses compétences ni dans ses attributions de gérer l'ensemble du risque. Or le terme de gestion implique une direction, une action volontaire que l'on pourrait rapprocher de celle d'aménagement. Si ce ne sont les assureurs, est-ce le rôle de l'État et des organismes qui le représentent d'assumer la gestion prospective du risque. Le FNGCA a-t-il vocation à rester un bailleur de fond, un appoint pour l'assurance ? L'étude du système de l'assurance a montré (chapitre 5) que le FNGCA est devenu une aide financière à l'assurance plus qu'une incitation. Il participe à la redistribution et donc à la mutualisation.

Si l'intérêt global des acteurs de la gestion du risque réside dans la diminution du risque-grêle et de ses conséquences, il reste à trouver une unité dans leurs actions respectives. Plus que de savoir s'il existe une réelle gestion prospective du risque, question sur laquelle nous reviendrons à l'occasion du bilan de la crise-grêle du début des années 90, il importe de se demander de quel type de gestion il s'agit ? Comment interagissent les différents acteurs ? Le système de gestion est-il plutôt de type dirigiste,

contrôlé par des acteurs suffisamment forts pour imposer leur loi, ou bien s'agit-il d'un système dérivant au gré du jeu des acteurs ?

2- Le système de gestion du risque-grêle

Le risque-grêle concerne en France de nombreuses entreprises à commencer par les entreprises agricoles, des associations, l'État, les milieux scientifiques... Au cours de nos recherches, nous avons rencontré les représentants de ces institutions, parties prenantes de la gestion du risque-grêle en France. Devant la multiplicité des acteurs, la complexité de leurs relations, leur évolution permanente, l'approche systémique nous est apparue la plus appropriée pour reconstituer et exposer le mécanisme de la gestion du risque-grêle en France. D'après L. Von Bertalanffy (1973, p. 94), l'un des pères de la pensée systémique, "la théorie générale des systèmes ... essaie de déduire de la définition générale du système comme "complexe d'éléments en interaction" des concepts caractéristiques des "touts" organisés comme l'interaction, la somme, la mécanisation, la centralisation, la compétition, la finalité, *etc...* et essaie de les appliquer à des phénomènes concrets". Nous avons extrait de la systémique des concepts susceptibles de nous aider à comprendre et à faire comprendre la gestion du risque-grêle en France.

2.1- L'approche systémique : intérêt, méthodes et limites

2.1.1- Définition

D. Lamarre (1997) cite à juste titre Pascal à propos de l'emploi de mots devenus tellement courants qu'on ne sait plus très bien le sens qu'ils recouvrent : "je ne dispute jamais du nom, pourvu qu'on m'avertisse quel sens on lui donne". Le terme de système et les méthodes de la systémique sont appliqués à des domaines aussi divers que la thermodynamique, la biologie (entre autres par Von Bertalanffy L., 1973), la psychologie et la sociologie et la géographie. La pensée systémique a été pratiquée par les géographes de façon parfois brillante mais souvent isolée ; A. Dauphiné (1975) l'applique à la climatologie et la géographie régionale ; Ch. P. Péguy (1986) et J.P. Marchand (1980, 1986) proposent une vision systémique des relations climat/société et G. Bertrand et Beroutchachvili N. (1978) la réinvestissent dans le concept de géosystème. Dans l'introduction à une séance de l'AGF consacrée aux systèmes en géographie, J. Dresch (Dresch J., s.d., 1979) voit le géographe en Monsieur Jourdain de la systémique ce que

confirme J.P. Besancenot (1996) lorsqu'il traite des relations climat/pollution/mortalité, "sujet qui impose une approche systémique ce qui n'implique aucunement une formulation systémique". R. Brunet (1979, 1993) prône comme avantage à la pensée systémique de mettre fin à toute sorte de déterminisme qu'il soit naturel, culturel ou technique.

Le système est défini au sens le plus large comme "un ensemble d'unités en interrelations mutuelles" (Von Bertalanffy L., 1973) ou une "unité globale organisée d'inter-relations entre éléments, actions ou individus" (Morin E., 1977). Il implique un ensemble dense de relations dont émerge un comportement global et dont émanent des propriétés de régulation et de résistance aux actions extérieures ou aux perturbations (Godard O. et Legay J.M., 1992). Sa vocation est "d'aider à résoudre des problèmes complexes dans les domaines les plus divers" (Durand D., 1996). "La notion de complexité et l'adoption de la notion de système évolutif en tant que fondement épistémologique ou instrument opérationnel, nous semblent aptes à offrir une médiation efficace entre la science et la pratique". (Hadjiconstantinou G., 1996, p.64). Maryse Guigo (1989) résume bien les aspects nouveaux de la pensée systémique : "la pensée devient globalisante, la causalité circulaire et le temps irréversible".

2.1.2- Des concepts adaptés à l'étude de la complexité

Les définitions du concept de système sont en général assez vagues, mais les auteurs se rejoignent pour reconnaître aux systèmes et à l'approche systémique quatre caractéristiques fondamentales. Ces caractéristiques rompent avec l'explication causale cartésienne classique. Elles gravitent autour des notions de complexité et d'interdépendance entre les phénomènes.

2.1.2.1- La globalité

Le tout n'est pas réductible à la somme des parties. Pour O. Godard et J.M. Legay (1992), "Les propriétés manifestées par tel ou tel élément ne se réduisent pas aux attributs propres et isolables de cet élément, mais résultent également des interactions entre cet élément et d'autres variables avec lesquelles il fait système." Ces auteurs vont même plus loin en montrant (c'est "l'effet de système") que le système exerce une contrainte sur les différents éléments et fait disparaître une partie de leurs performances potentielles mais fait apparaître des performances que ne possédait aucun des sous-systèmes. Finalement, "C'est le système qui fait les éléments, plus que les éléments ne font le système ;

l'individuation n'est pas un donné premier, c'est le produit d'une organisation". (Godard O. et Legay J.M., 1992, p. 251)

On peut donc imaginer des systèmes emboîtés faisant d'un méta-système la combinaison partielle d'un ensemble de sous-systèmes. C'est le cas du système de gestion du risque-grêle où des sous-systèmes ayant leurs propres logiques, leurs propres fonctionnements se rejoignent partiellement pour mettre en commun des compétences et des intérêts nécessaires à la gestion du risque-grêle.

2.1.2.2- La complexité.

Cette complexité chère à E. Morin (1977) est due à l'incertitude propre à l'environnement du système, aux incertitudes liées au fonctionnement de chacun des éléments et au nombre de liaisons inter-éléments. La complexité est renforcée car "beaucoup des aspects des organisations ne se prêtent pas facilement à l'interprétation quantitative" (Von Bertalanffy L., 1973, p. 45). La complexité tient aussi à la pluri-causalité et à la multiplicité des interactions. La théorie du système général remet en cause la vision traditionnelle de la causalité à sens unique pratiquée dans la pensée cartésienne. L'axiome déterministe : " les mêmes causes produisent les mêmes effets" est battu en brèche. Dans une vision systémique de la réalité, un fait n'a pas forcément qu'une seule cause, il est fréquent que plusieurs facteurs s'associent pour déterminer telle ou telle action. De plus, une même cause ne produit pas les mêmes effets car il n'y a pas de causalité unique comme il n'y a pas non plus de causalité à sens unique.

2.1.2.3- L'interaction

Les éléments du système sont en interaction, c'est-à-dire que non seulement A agit sur B mais B agit sur A. Chaque élément est en relation réciproque avec les autres éléments du système. "L'idée d'interaction qui est à la base de la vision systémique conduit, comme postulat méthodologique, à ne jamais considérer un objet isolé mais toujours, quand il s'agit de comprendre son comportement et sa dynamique, à l'inscrire dans un environnement." (Godard O. et Legay J.M., 1992, p.249). Une des notions clés est la rétroaction. La rétroaction peut être positive ou négative. La première favorise l'entropie alors que la seconde a des vertus négentropiques.

2.1.2.4- L'organisation et la fonction téléologique

J.L. Le Moigne (1995) préfère le terme d'organisation au terme de structure souvent considérée comme un "invariant", un ensemble figé pour désigner à la fois

l'architecture et le fonctionnement d'un système. L'organisation est d'abord un agencement de relations entre les composants du système mais aussi "un processus par lequel de la matière, de l'énergie et de l'information sont assemblés et mis en oeuvre" (Durand D., 1996). L'organisation d'un système allie sa description structurelle et son fonctionnement (l'état et les processus). E. Morin (1977) propose le terme d'"organisation". La systémique pose le problème de l'organisation d'un système sous le postulat de la finalité et non de la causalité. "À la différence des objets inertes, les systèmes ne se maintiennent qu'à travers l'action et le changement" (Durand D., 1996). La téléologie du système est inhérente à son organisation. On peut distinguer une téléologie dynamique dans le cas des systèmes dont l'organisation est tendue vers une finalité vraie, un objectif précis. En revanche, certains systèmes, par leur organisation, leur constitution, ont une finalité homéostatique (c'est le cas du système de gestion du risque-grêle). Dans ce cas, l'évolution du système est faite d'évolutions et d'ajustements permanents visant à le maintenir en harmonie interne et en équilibre avec son environnement sans que l'existence du système soit liée à une autre finalité que sa propre survie.

2.1.3- Les systèmes ouverts

En thermodynamique, on peut envisager des systèmes fermés sans relation avec l'extérieur, évoluant en vase clos. Dans les sciences sociales, ceci est inconcevable ; on parle de système ouvert. Le système est en contact permanent avec des éléments extérieurs au système proprement dit. Il est classique de distinguer les "entrées" du système, parties de l'environnement extérieur en relation avec le système et qui conditionnent son fonctionnement, et les "sorties" du système, parties du même environnement extérieur influencées par le système. Ainsi, les frontières, les limites du système sont impossibles à cerner. La connaissance exhaustive des systèmes ouverts n'est guère envisageable. C'est une des limites de l'approche systémique. Nous ne prétendons pas avoir cerné tous les éléments intervenant dans la gestion du risque-grêle soit parce que leur influence est tenue secrète, soit parce qu'elle est trop diffuse pour être détectée.

Ces outils conceptuels ayant été (rapidement) mis en place, nous pouvons envisager l'étude de l'organisation du système de gestion du risque-grêle. L'analyse élémentaire s'attachera à décrire les acteurs du système de gestion du risque-grêle, après quoi nous insisterons sur les relations entre les différents acteurs du système. Pour plus de commodité, nous pourrions désigner le système de gestion du risque-grêle en France par système "grêle".

2.2- L'analyse élémentaire du système "grêle" (figure 41)

Chaque élément du système est un sous-ensemble plus ou moins homogène qui agit d'abord selon ses intérêts, ses modes de fonctionnement, ses contraintes et ses vulnérabilités. Les deux éléments centraux sont l'assurance et les agriculteurs. Autour de ces deux pôles gravitent d'autres sous-systèmes qui, bien qu'apparemment mineurs, jouent un rôle essentiel dans l'équilibre du système.

2.2.1- La sphère assurancielle

2.2.1.1- Un ensemble hétérogène

Les mécanismes de fonctionnement de l'assurance ont déjà été expliqués. Nous analyserons ici l'assurance en tant que sous-système et maillon essentiel du système de gestion du risque-grêle en France. Le marché de l'assurance-grêle sur récolte en France est morcelé et si, par commodité, nous parlons de la sphère assurancielle en général, cette dernière est constituée d'une vingtaine de sociétés aux statuts différents, souvent en concurrence. Toutefois, le marché tend petit à petit à s'homogénéiser après une période de forte concurrence voire d'opposition entre l'ensemble des Mutuelles Agricoles (Groupama) et les sociétés regroupées dans l'APSAD. Groupama a adhéré à l'APSAD en 1996.

Outre son hétérogénéité interne, l'assurance-grêle doit composer avec le reste de l'assurance. La grêle ne forme qu'un faible pourcentage de l'assurance-dommages. Ce n'est pas une branche essentielle de l'assurance. Or, parmi les risques aptes à être couverts par les assureurs, les risques climatiques ont mauvaise réputation. Selon les dires des assureurs, les assurances climatiques, et particulièrement la grêle et la tempête, sont traditionnellement déficitaires. L'objectif des compagnies d'assurance est de faire des bénéfices. La pression des actionnaires est de plus en plus forte et il n'est pas envisageable de supporter des déficits structurels dans des branches mêmes marginales.

2.2.1.2- Le poids croissant de la réassurance

Une autre contrainte pour les assureurs vient des sociétés de réassurance. La réassurance est en quelque sorte l'assurance des assureurs. En effet, on a vu que la variabilité interannuelle est le propre des dommages liés aux phénomènes climatiques. Les dommages peuvent en France se chiffrer à plusieurs centaines de millions de francs pour une même compagnie. Les assureurs minimisent les risques en s'assurant eux-

mêmes auprès de réassureurs qui prennent à leur charge une partie du risque. C'est un mode de répartition du risque au niveau international. Les sociétés de réassurance ont un portefeuille international. Les plus grands réassureurs sont européens : la Münchener Rück est la plus grande compagnie de réassurance au monde ; elle suit de très près les grands sinistres internationaux (cyclones, séismes, grands incendies urbains...) et édite chaque année des statistiques à ce sujet. Le deuxième réassureur est la Suisse Ré. En France, la SCOR (Abrassart E., 1997) est le principal réassureur privé. La CCR est un peu à part. Elle couvre les risques de catastrophe naturelle en France et bénéficie de la garantie illimitée de l'État. Enfin, les assureurs créent parfois leurs propres filiales de réassurance (Soréma, filiale de Groupama).

Les modalités de la réassurance dépendent du type de risque. La formule de réassurance la plus simple est la cession en quote-part (Pröfrock A., 1998). La compagnie d'assurance cède une proportion (40 % par exemple) de ses cotisations et des sinistres au réassureur. Cela permet à la compagnie "cédante" de se décharger d'une partie du risque. Outre cette quote-part proportionnelle, les contrats de réassurance pour les risques d'origine naturelle comportent en plus une clause de réassurance non proportionnelle :

- pour les risques naturels où prime le sinistre rare et coûteux (séisme, tempête...), il s'agit de contrats en EXCESS LOSS ou excédent de sinistre cumulé par événement.

- pour les risques naturels diffus, où les dommages résultent de multiples petits sinistres (le risque-grêle en est un exemple typique), les traités sont dits en STOP LOSS ou excédent de sinistre annuel.

Dans le premier cas, le réassureur prend en charge le montant des dommages lorsque le sinistre atteint une certaine somme. En excess loss, l'événement dommageable doit être bien défini chronologiquement et géographiquement. Pour les tempêtes du type de celle du 15 octobre 1987, la durée du sinistre est limitée à 72 heures.

Dans le deuxième cas (stop loss), le réassureur prend à sa charge les sinistres d'une année à partir d'une limite fixée (exprimée par une valeur du rapport sinistre/cotisation) et jusqu'à un plafond convenu. Cette formule permet à la réassurance de jouer son rôle régulateur car un nombre élevé de petits sinistres peut-être aussi dangereux pour l'assureur direct que quelques gros sinistres (Lambert-Faivre Y., 1995).

La grêle est pratiquement toujours réassurée en stop loss même si certains assureurs (Kowalsky B., 1987) posent le problème des gros sinistres en zone urbaine ou dans des régions à forte concentration de cultures fragiles. A cause de la concentration spatiale des capitaux, les chutes de grêle peuvent causer des dommages très coûteux. Il n'y a donc plus de dispersion du risque mais une concentration de celui-ci sur quelques événements

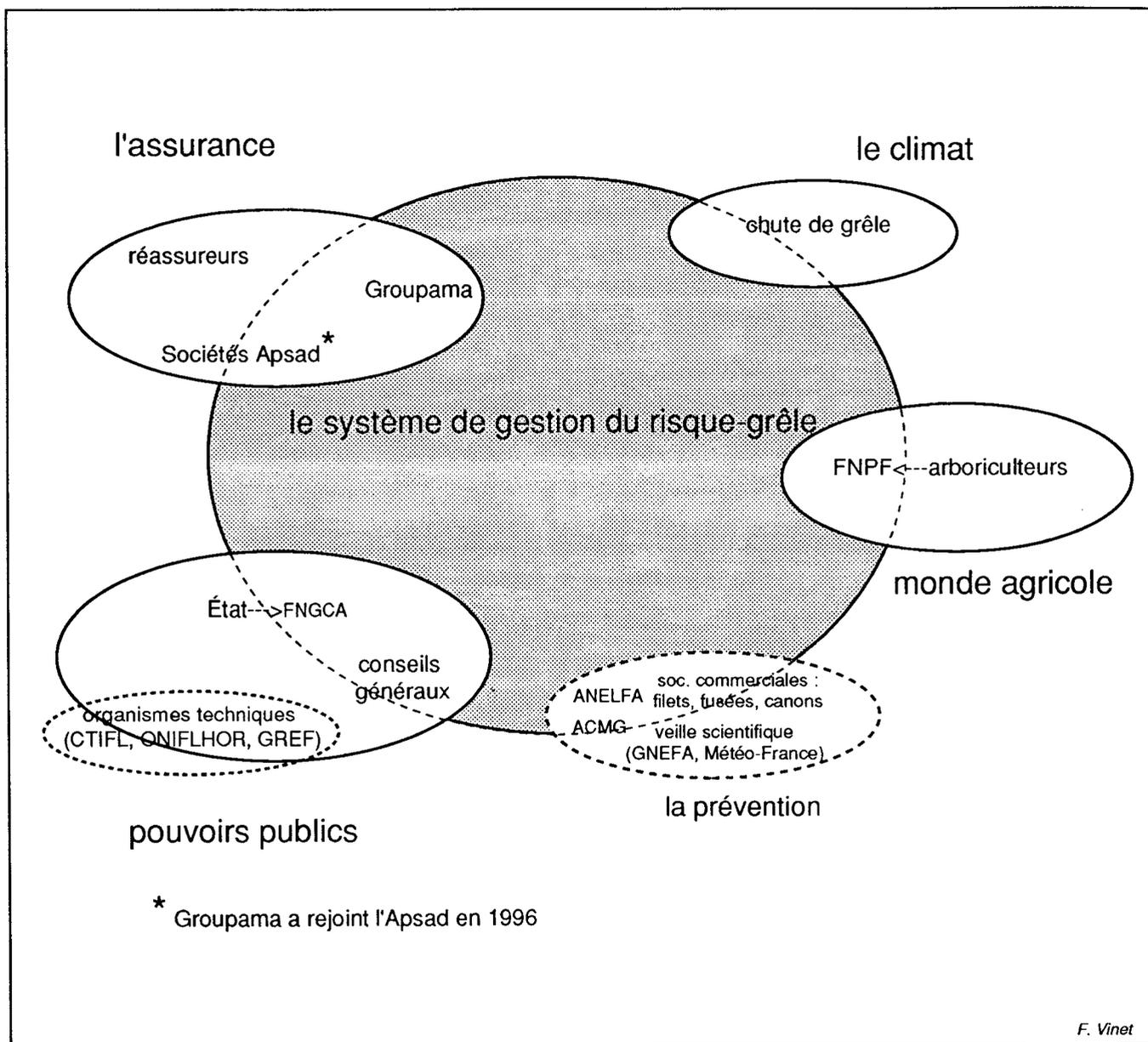


Fig. 41 - Le système de gestion du risque-grêle en France au début des années 1990

graves, ce qui déstabilise assureurs et réassureurs dont les pratiques ne sont pas aptes à faire face à des sinistres grêle de grande ampleur. On comprend que, dans ce contexte, l'augmentation des capitaux assurés et donc des enjeux financiers renforce le poids des sociétés de réassurance dans le système assurantiel. Ces dernières cherchent de plus en plus à mesurer et contrôler les risques des sociétés "cédantes" (Vandamme R., 1998).

2.2.1.3- Une vulnérabilité concentrée sur l'arboriculture

Notre étude des dommages de la grêle en France (chapitre 6) a établi le poids déterminant des fruits dans les bilans de l'assurance-grêle. Le déséquilibre est patent lorsque l'on compare la part des fruits dans les capitaux assurés 9 % et leur part dans les dommages (38 %). Il se traduit financièrement par un déficit chronique de la branche fruit

Nous avons reporté dans le tableau 51 la répartition des encaissements (cotisations) de Groupama en 1996 et les sommes reversées en indemnités pour chaque grande classe de culture. La comparaison n'est qu'indicative. Il faudrait comparer sur une période plus longue pour avoir des chiffres plus significatifs mais il est intéressant d'observer que les cotisations versées au titre des fruits ne couvrent que 79 % des dommages sur les mêmes fruits et assimilés.

Tableau 51 - Bilan financier de l'assurance-grêle par grande classe de culture

grande classe	répartition des dommages indemnisés (APSAD et Groupama 1994/95/96)	répartition des cotisations versées (Groupama 1996)
céréales et assimilées	36 %	44,9 %
vigne	26 %	25,7 %
fruits et assimilés	38 %	29,4 %
total	100 %	100 %

Calculé sur un plus grand nombre d'années, le chiffre varierait peu étant donné la dispersion des cultures et la géographie des dégâts. Le bilan de la branche vigne paraît équilibré. La branche "céréales" est bénéficiaire et compense en quelque sorte les pertes sur les fruits.

Ceci prouve une fois de plus que c'est bien l'assurance-grêle sur fruits et non l'assurance-grêle en général qui pose problème. Au fur et à mesure de la montée des

fruits dans le marché de l'assurance-grêle, les arboriculteurs sont devenus les principaux interlocuteurs des assureurs-grêle.

2.2.2- La sphère agricole : les arboriculteurs au coeur du système

Il serait caricatural de faire des agriculteurs français un même ensemble cohérent répondant aux mêmes intérêts et parlant d'une seule voix, même si leur combativité est parfois enviée et souvent crainte. Parmi eux, ce sont les arboriculteurs qui souffrent le plus de la grêle pour les raisons que nous avons déjà évoquées. Des enquêtes (rapport FNPF-ONIFLOR, 1996 ; Vinet F., 1994a) montrent que la grêle est le premier fléau naturel craint par les producteurs de fruits à égalité avec les gelées printanières. Les arboriculteurs sont très impliqués dans les décisions et évolutions concernant le risque-grêle. Le principal porte-parole des arboriculteurs est la Fédération nationale des producteurs de fruits (FNPF). Son président (en 1998) est Pierre Banc, arboriculteur du département de la Drôme. Son secrétaire général est Yvon Sarraute, originaire du Tarn-et-Garonne. L'origine géographique des deux responsables actuels de la FNPF reflète la place prépondérante de ces deux départements dans l'arboriculture française. La FNPF a pour rôle de défendre les intérêts des arboriculteurs. Elle bénéficie des réseaux et de l'influence de la FNSEA. Elle se fait leur relais dans les demandes et les doléances des arboriculteurs auprès des autorités ou des assureurs (travail de groupe de pression) mais elle se donne pour mission d'informer et de conseiller aussi les adhérents sur la gestion du risque-grêle en diffusant les informations sur les nouvelles réglementations, le type de protection à adopter contre la grêle. Ce rôle est essentiel dans le contexte très évolutif des années 90 notamment avec le développement des filets et de la lutte active. La FNPF a été un acteur central de la crise des années 1992-1995.

2.2.3- Les pouvoirs publics

Les conseils généraux et l'État interviennent dans la gestion du risque-grêle.

* Les conseils généraux de 41 départements en 1996 (voir chapitre 5) versent des incitations à l'assurance-grêle sous la forme d'une prise en charge partielle (5 à 30 %) des cotisations d'assurance-grêle versées par les agriculteurs qui décident de s'assurer. Les choix des conseils généraux sont liés à des considérations politiques locales en particulier au poids politique des agriculteurs. Les conseils généraux soutiennent également la lutte active. L'ANELFA et l'ACMG sont en partie financées par les conseils généraux des départements couverts par les réseaux de lutte anti-grêle. Enfin, l'installation de filets

paragrêle peut également bénéficier de subventions. Les conseils généraux peuvent donc influencer localement la gestion du risque-grêle. Le Gers, par exemple, est le seul département du Sud-Ouest qui a choisi de ne pas participer à l'action de lutte active de l'ANELFA. En retour, les conseils généraux subissent la pression des différents acteurs quant aux distributions financières. Les assureurs, les associations de lutte active, les partisans des filets sont en concurrence pour l'attribution des subventions. C'est ce qui explique en partie l'hostilité des assureurs vis-à-vis de la lutte active, susceptible de diminuer le nombre d'agriculteurs assurés et le montant des subventions allouées à l'assurance.

* Le Fonds national de garantie des calamités agricoles est le relais du Ministère de l'Agriculture en matière de gestion du risque-grêle. Son action se situe à deux niveaux : l'incitation complémentaire qui complète celle délivrée par les conseils généraux et l'incitation nationale.

- Comme les conseils généraux, il verse une incitation à l'assurance-grêle sur les cultures sensibles (fruits, légumes-fruits et légumes-feuilles), incitation dont les modalités ont été expliquées plus haut (chapitre 5). La suppression de cette incitation en 1991 a été un problème central dans la crise-grêle des années 1992-1995. Nous aurons à nous interroger sur le rôle de cette incitation : rôle financier mais peut-être aussi psychologique et politique, signe du soutien de l'État et aide nécessaire pour les uns, subvention déguisée et inefficace à l'agriculture pour les autres...

- Même si l'incitation à l'assurance est son aspect le plus tangible, l'action de l'État ne se limite pas à la simple redistribution financière. L'État intervient par la réglementation notamment les lois sur les assurances. N'oublions pas que l'article 5 de la loi du 10 juillet 1964 enjoint l'État à "favoriser le développement de l'assurance contre les risques agricoles". Depuis le siècle dernier, la politique générale de l'État en matière de prise en charge des risques d'origine naturelle a oscillé entre le désintérêt et l'interventionnisme (voir chapitre 5) plus ou moins forcé. En fait, l'intervention grandissante de l'État dans la prise en charge des risques climatiques en agriculture a accompagné le passage de l'agriculture de subsistance à l'agriculture productiviste comme si une agriculture plus riche avait besoin de plus d'aide, donc était plus vulnérable. Pourtant, l'arrêt de l'incitation à l'assurance-grêle en 1991 et sa reprise en 1994 peuvent être interprétés comme un nouvel avatar des hésitations des pouvoirs publics en matière de risques naturels. Pour les risques assurables, la tendance est à un désintérêt de l'État qui préfère concentrer ses moyens sur les risques non assurables. On peut déplorer, par exemple, qu'il n'y ait pas de comptabilisation nationale des surfaces équipées en filets paragrêle. Mais, le financement d'études de l'Office national interprofessionnel des fruits,

des légumes et de l'horticulture (ONIFLHOR) du Génie rural des eaux et forêts (GREF) ou du Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), trois organismes dépendant de l'État, montre que ce dernier ne peut se désintéresser totalement des risques agricoles même réputés assurables. Ces organismes fournissent une aide et des conseils techniques aux agriculteurs en matière de risque-grêle⁸⁸.

Finalement, les pouvoirs publics ont un rôle de régulateur dans le système de gestion du risque-grêle : par la redistribution financière, la réglementation, l'assistance technique et la connaissance du risque (encore bien timide), l'État peut servir de tampon entre les différents acteurs du système. Encore faut-il qu'il le veuille et qu'il s'en donne les moyens.

2.2.4- La sphère climatique

Plus facteur qu'acteur, le climat est évidemment un élément déterminant du système, son holon, son élément intégrateur. On ne peut certes lui prêter ni intérêt ni vulnérabilité. Il intervient dans le système suivant les modalités définissant le risque-agent: fréquence, intensité et variabilité des chutes de grêle, le tout spatialisé. Les permanences et incertitudes spatio-temporelles du risque-agent sont l'enjeu le plus fort et le moins maîtrisable du système de gestion du risque-grêle. Il est un peu abusif de dire comme on le lit parfois que le milieu naturel est une donnée, un tout quantifié une bonne fois pour toute comme peut l'être l'altitude d'une montagne (et encore !) Le risque climatique n'est pas une donnée, c'est une probabilité, une éventualité, une inconnue. Si le climat était "donné" c'est-à-dire prévisible, à coup sûr quantifiable *ex ante* , il n'y aurait pas de gestion du risque. Tout le système de gestion du risque-grêle doit sa raison d'être à l'incertitude née de la variabilité spatio-temporelle interannuelle des chutes de grêle.

2.2.5- La sphère "prévention"

C'est le sous-système le plus hétéroclite, où règnent parfois des intérêts contradictoires. Il existe d'abord des structures clairement identifiées et faisant partie intégrante du système. L'ACMG et l'ANELFA sont des associations reconnues par les pouvoirs publics en particulier les conseils généraux qui les financent. En revanche, il est plus difficile d'avoir une idée précise de l'activité et de l'implantation géographique des sociétés commerciales qui travaillent aux frontières du système et ne sont pas impliquées

⁸⁸ Le CTIFL a édité en 1996 un guide pratique sur les filets paragrêle.

directement dans la gestion du risque-grêle : les sociétés de vente de canons ou de fusées, les fabricants et distributeurs de filets paragrêle...

On peut inclure dans ce sous-système des organismes à vocation scientifique :

- le GNEFA a longtemps été impliqué dans des expériences scientifiques de lutte anti-grêle (Grossversuch IV). Basé à Lyon depuis 1992, il a un rôle de veille scientifique et de conseil auprès des agriculteurs en matière de grêle. Il rassemble plusieurs bases de données sur la grêle en France et dans le Monde.

- Météo-France se cantonne, pour la grêle, au rôle de prestataire de service, par exemple pour la prévision des situations grêligènes dans le cadre de la lutte active menée par l'ANELFA.

Les intervenants sont nombreux dans le système de gestion du risque-grêle en France. Il est difficile de connaître les frontières du système. Chacun des partenaires forme un sous-système, souvent très cohérent, qui répond d'abord à sa logique interne avant d'assurer la cohérence du système "grêle". Voyons maintenant comment s'organisent et interagissent ces différents sous-systèmes, comment se neutralisent ou s'amplifient les intérêts parfois convergents, parfois contradictoires des acteurs du système "grêle".

2.3- L'analyse structurelle et organisationnelle du système "grêle"

L'objet de l'analyse structurelle et organisationnelle réside dans l'étude des réseaux, des interrelations, des mécanismes qui commandent l'existence et l'évolution du système. Quels sont les mécanismes de fonctionnement du système ? Quelles sont les forces et les vulnérabilités du système ?

2.3.1- Les caractéristiques structurelles du système de gestion du risque-grêle

2.3.1.1- Un système ouvert

Il est difficile de connaître les limites du système "grêle", difficile de savoir quel élément des sous-systèmes est influent ou ne l'est pas. Au gré de l'étude du risque-objet assuré (deuxième partie) et celle des différents modes de gestion, nous avons vu que la causalité linéaire et unique n'existe pas en matière de risque-grêle, ce qui rend difficile la lisibilité du système. Prenons l'exemple de la taille de l'exploitation : a-t-elle une influence sur la gestion du risque-grêle ? Sans doute, mais cette influence peut s'exercer

dans des sens différents. On peut supposer que si l'exploitation est vaste, l'agriculteur aura des ressources nécessaires pour s'assurer mais il se peut que l'assurance lui soit impossible du fait même de la taille puisqu'un principe d'assurance exige que toutes les parcelles de même culture doivent être assurées sur une même exploitation. En fait, toutes les caractéristiques du monde agricole rejaillissent plus ou moins sur la gestion du risque-grêle, depuis l'âge des agriculteurs jusqu'aux structures agraires. Les frontières du système ne sont pas connues. C'est le propre de l'approche systémique d'apporter un gain d'explications mais de renoncer à l'exhaustivité.

Plus un système est ouvert, plus il est sensible aux apports extérieurs, aux influences perturbatrices génératrices d'entropie. Le système grêle est vulnérable ; sa survie et son évolution dépendent des rapports de forces entre les sous-systèmes qui le composent, c'est ce que l'on pourrait appeler un système à structure faible.

2.3.1.2- Un système à structure faible

On peut distinguer les systèmes par leur degré de cohésion, leur force holistique et leur dynamique téléologique.

* Un système fort serait un système (appelons-le A) qui secrète sa propre organisation, suit sa propre logique, dictée par un principe holistique *sui generis*. Les éléments ou sous-systèmes qui forment le système A dépendent étroitement et sont soumis au principe téléologique du système A. Le rapport de force s'exerce de A vers les sous-systèmes. L'entropie du système est faible.

* Dans un système faible comme le système "grêle", l'organisation est lâche. C'est l'apport externe d'énergie ou d'information, de matière qui maintient le système. Les sous-systèmes priment sur le méta-système et dictent leur loi. Le rapport de force s'exerce depuis les sous-systèmes vers le système commun. Un système faible est fatalement un système ouvert, très évolutif et sensible aux importations entropiques. Sa finalité est avant tout homéostatique et il se maintient tant que les éléments du système ont intérêt à sa pérennisation.

On pourrait appliquer au système de gestion du risque-grêle ces quelques phrases d'Ervin Laszlo (1989) : "La société n'est ni un système naturel comme l'atome, la molécule ou la cellule, ni un système artificiel comme une machine ou un ordinateur. Elle est le fruit des actions et des interactions humaines, mais pas d'une volonté humaine consciente. Contrairement aux organisations spécifiques (corporations, institutions publiques et privées, armées...), les réseaux de relations unissant les individus au sein de nations, d'États ou de cultures ne peuvent être préconçus ; ils émergent au fil de

l'histoire. Le degré de complexité d'une société moderne ... dépasse de loin tout ce à quoi ses membres humains pourraient aboutir de par leur volonté propre" (p. 114). Si les organismes qui y participent (organisations professionnelles, associations, ministère...) sont bien organisés et doués d'une forte cohésion interne, le système "grêle", lui, n'est pas construit en tant que tel. Il s'est construit au gré de l'arrivée ou du départ des acteurs, de la montée en puissance des uns ou de l'effacement d'autres sans d'autres lois que celles du rapport de force ou de l'intérêt. Il n'y a donc pas de gouvernement de ce système.

2.3.1.3- La régulation du système "grêle"

En phase de bon fonctionnement, les intérêts au maintien du système l'emportent ; les mécanismes régulateurs assurent l'homéostasie du système ou son évolution progressive, la survie du système étant conditionnée par une lente adaptation intégrant l'évolution de tous les éléments du système. Les actions entropiques venant d'éléments externes propres à chacun des sous-systèmes ne sont pas absentes mais elles sont absorbées par le système. Le contraire entraînerait le dérèglement du système accompagné d'une accélération entropique, de blocages et de ruptures. La crise de 1992-1995 a fourni un cas d'école de ce type de dérèglement. Les mécanismes de régulation reposent en grande partie sur la circulation des flux financiers.

2.3.2- Les mécanismes de régulation du système

2.3.2.1- Les flux financiers, principaux régulateurs (figure 42)

L'argent, fameux "nerf de la guerre", est l'une des clés essentielles de la compréhension du fonctionnement (et des dérèglements éventuels) du système "grêle". Il est au système grêle ce que l'énergie est aux systèmes thermodynamiques. L'équilibre et la fluidité des flux financiers assurent le bon fonctionnement et la pérennité du système. On distinguera les flux financiers internes, qui circulent entre les acteurs, des flux externes, propres aux différents acteurs, mais qui influencent indirectement le système "grêle".

----> Les flux internes

- **Les flux entre l'assurance et les agriculteurs** sont les plus massifs. Ils sont réciproques mais pas forcément équilibrés. Les cotisations des agriculteurs (1,3 milliards de francs en 1996) alimentent les caisses des assureurs qui reversent une partie

de ces sommes sous forme d'indemnisations (610 millions de francs en 1996, mais plus de deux milliards en 1993). D'après les assureurs, les frais de gestion s'élèvent à 30 % des cotisations. Or il est dans la logique des compagnies d'assurance, entreprises commerciales, de faire des bénéfices, cela majorerait ce pourcentage. Mais il est évident que l'agriculteur souhaite récupérer une partie de son argent sur le court ou moyen terme. L'agriculteur n'est pas toujours sensible aux arguments des assureurs qui gèrent les risques climatiques sur le long terme et tirent leurs bilans sur dix ans. Il est quelquefois nécessaire pour l'assureur de rembourser symboliquement un gros client pour un sinistre mineur qui normalement n'aurait pas donné lieu à indemnisation. On a vu des sinistres sur verger en fleur donner lieu à indemnisation alors que, normalement, celle-ci ne peut intervenir qu'une fois le fruit formé. L'arboriculteur a la satisfaction de récupérer une partie de sa cotisation. Si l'une ou l'autre des parties a le sentiment (justifié ou non) d'être toujours perdant, la cohérence du système est menacée.

- Les flux entre pouvoirs publics et assureurs sont massifs et ne tiennent pas à l'assurance-grêle. Ces flux indirects, qui ne sont pas propres à la grêle, comme les impôts sur les sociétés auxquels sont désormais soumises les mutuelles (Groupama), agissent indirectement dans le rapport de force entre les assureurs et les pouvoirs publics. Les flux financiers concernant directement la grêle sont l'incitation à l'assurance-grêle, qui profite aux agriculteurs mais qui est versée directement aux assureurs par le FNGCA, et les taxes sur les contrats d'assurance-dommage qui, en retour, alimentent le FNGCA.

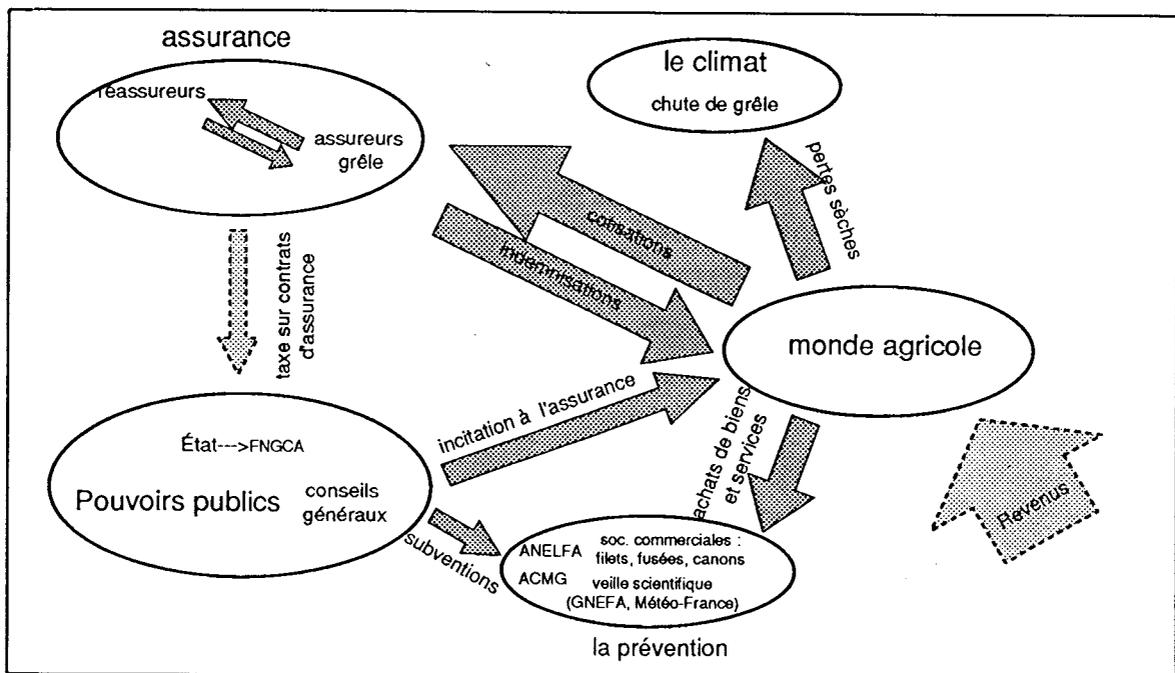


Fig. 42 - les flux financiers au sein du système de gestion du risque-grêle

- **Les flux financiers entre pouvoirs publics et agriculteurs** relèvent principalement de l'incitation à l'assurance-grêle. L'État a versé à ce titre un montant de 36 millions de francs aux assureurs (mais au bénéfice des agriculteurs) en 1996. Il faut ajouter les 30 millions versés la même année par les conseils généraux pratiquant l'incitation à l'assurance. Il faudrait ajouter, mais c'est difficilement quantifiable, les aides sous forme de dégrèvements fiscaux ou prêts bonifiés. Outre l'incitation, les filets et d'autres méthodes de prévention font l'objet d'aides des pouvoirs publics.

On remarquera que beaucoup de flux financiers sont des flux de transit. Les pouvoirs publics versent aux assureurs le produit de l'incitation profitant aux arboriculteurs, viennent en aide aux arboriculteurs indirectement en subventionnant l'installation de filets paragrêle. Cette circulation de l'argent, ce rôle de relais, en particulier des pouvoirs publics, sont des éléments essentiels de l'équilibre du système de gestion du risque-grêle.

On peut enfin mentionner les pertes sèches d'argent des agriculteurs lorsqu'il y a un sinistre non compensé. Cette "sortie" financière, au moins aussi massive à l'échelle macro-économique que les dommages indemnisés, est déterminante dans le fonctionnement du système. De son importance dépendra en grande partie l'attitude des agriculteurs.

----> Les flux financiers externes

Des flux financiers massifs gravitent autour du système sans lui être liés directement. On peut évoquer par exemple les subventions accordées (ou non) par l'État au FNGCA. Le FNGCA finance l'incitation, et sa solvabilité dépend en partie des subventions de l'État. Un désengagement de ce dernier, comme cela s'est produit par le passé, peut mettre en cause l'incitation à l'assurance grêle.

Il faut également tenir compte des revenus des agriculteurs. Ils conditionnent l'état financier des exploitations agricoles et donc leur capacité à gérer le risque-grêle.

Pour que ces flux (internes et externes) assurent leur rôle homéostatique, il ne faut pas qu'ils soient trop variables dans le temps ni déséquilibrés entre eux. Si tous les mécanismes de régulation du système ont plus ou moins une composante économique et financière, il est d'autres facteurs qui ont un rôle régulateur, même si leurs effets sont moins quantifiables. Ils contribuent à la structuration du système.

2.3.2.2- Les autres mécanismes régulateurs et structurants

Les mécanismes gravitant autour de l'assurance sont primordiaux car un agriculteur sur deux est assuré. Le **contrat** régit les relations entre ces deux partenaires. Les pouvoirs publics interviennent indirectement par la réglementation sur l'assurance peu à peu relayée par les règles européennes bien que pour l'instant l'assurance-dommages soit peu investie par le marché international. La sélection, la répartition et la mutualisation des risques sont des processus naturels de régulation du marché de l'assurance. Plusieurs propositions de contrats permettent à l'assureur de mieux connaître la perception qu'a l'agriculteur de son exposition au risque (Chiappori P.A., 1997, p.81). Le fait pour l'agriculteur de demander une franchise plus élevée laisse penser (nonobstant les problèmes éventuels de solvabilité) qu'il s'estime peu exposé au risque.

La **faible sinistralité** est-elle un facteur de régulation du système "grêle" ? Autrement dit, le système fonctionne-t-il mieux en cas de faible sinistralité que lorsque les chutes de grêle sont abondantes ? Il est évident que des années faiblement sinistrées favorisent le rééquilibrage financier du système. La faible sinistralité crée une boucle de rétroaction négative (figure 43) en favorisant la baisse des taux de cotisation qui elle-même favorise l'assurance donc diminue les risques par la mutualisation. Mais une faible sinistralité peut, si elle perdure, avoir un effet pervers de désensibilisation donc de diminution du nombre d'assurés créant ainsi une boucle de rétroaction positive d'amplification du risque (figure 43).

Les effets contradictoires de la diminution de la sinistralité sont une bonne illustration de la complexité des mécanismes de gestion du risque-grêle. Ils renvoient aux principes de pluricausalité qui sous-tendent la théorie systémique. La règle cartésienne même cause --> même effet ne fonctionne pas.

Si le **marché** est le principal régulateur de l'assurance (Chiappori P.A., 1997), il trouve ses limites lorsqu'une trop forte concurrence pousse les assureurs à pratiquer une sous-tarification. Cette sous-tarification incite les "mauvais" risques à s'assurer, faisant ainsi augmenter les risques de dommages. La vérité des prix, c'est-à-dire une adéquation des taux à la sinistralité réelle est plus saine.

2.3.3- Les facteurs et mécanismes déstabilisants et déstructurants

Les mécanismes déstabilisants sont potentiellement aussi nombreux que les mécanismes régulateurs. L'analyse des effets d'une faible sinistralité prolongée nous en a fourni un exemple (figure 43). Nous aurons l'occasion de revenir en détail sur ces

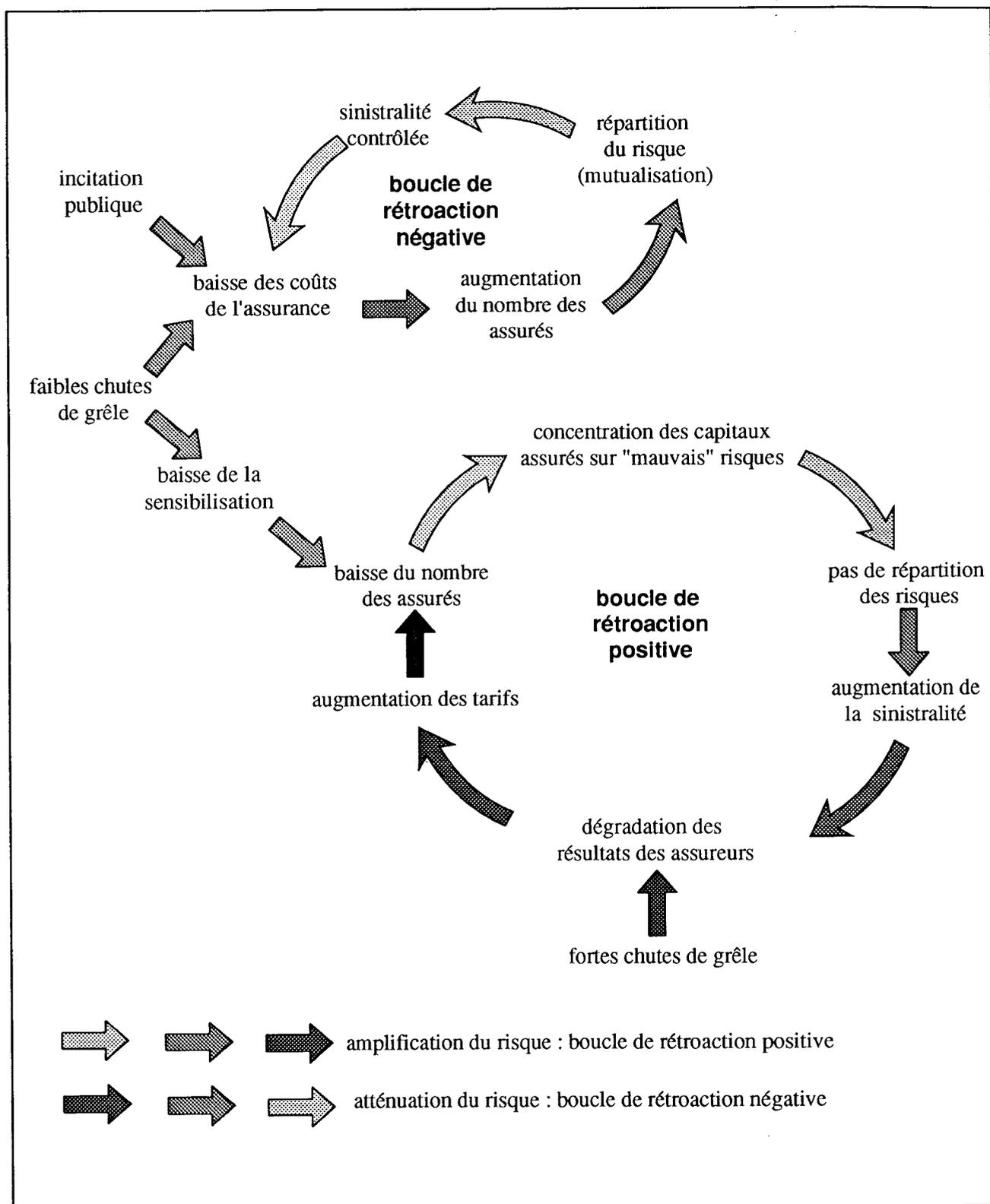


Fig. 43 - Mécanismes d'amplification et d'atténuation du risque en matière d'assurance

mécanismes dans l'étude des facteurs de la crise des années 1992-1995. Il faut cependant insister sur la mauvaise circulation de **l'information** au sein du système de gestion du risque-grêle. Tous les théoriciens et praticiens de l'analyse systémique insistent sur la nécessité d'une bonne circulation de l'information à l'intérieur des systèmes. Les flux d'information participent à la régulation du système au même titre que les flux financiers. Or, dans le système "grêle", l'absence ou l'indigence des flux d'information est un fait quasi structurel.

Les assureurs n'ont pas intérêt à dévoiler trop d'information bien que les stratégies de communication des entreprises puissent être différentes selon les sociétés. La maîtrise de l'information est nécessaire à la sélection des risques. L'assureur doit avoir une information d'avance sur l'assuré. Le deuxième facteur qui explique le faible degré d'information est la méconnaissance climatologique de la grêle. Avant l'apparition des réseaux grêlimétriques, il y avait bien peu d'informations fiables et précises sur la fréquence et l'intensité des chutes de grêle sauf dans le Sud-Ouest (Castet J. et Deyries P., 1970, Dessens J., 1986). L'État lui-même a peu d'information mais ne diffuse pas toujours le peu qu'il a⁸⁹ (les résultats de la mission du GREF sur le risque-grêle en France n'ont pas été rendus publics).

Conclusion

* Un système spatialisé

Le dernier aspect propre au système de gestion du risque-grêle est d'exprimer ses déséquilibres, ses évolutions dans l'espace. Le système "grêle" est un système spatialisé⁹⁰ anisotrope. Il s'insère dans les déséquilibres spatiaux qui ont été mis en évidence dans l'étude du risque-agent et du risque-objet. Le déséquilibre se lit dans la concentration des enjeux sur certaines régions agricoles, dans l'opposition des intérêts entre régions céréalières et arboricoles, l'opposition entre régions grêlifères et non grêlifères, l'opposition nord-sud et dans l'évolution diachronique de ces oppositions spatiales.

* Force et faiblesse du système "grêle"

Il n'est pas de caractéristiques ou d'acteurs du système qui ne soient pas une force et une faiblesse. Chaque élément du système peut à tout moment, en fonction de son

⁸⁹ Il faut cependant signaler que depuis quelques années le Bureau des calamités agricoles du Ministère de l'agriculture semble soucieux de diffuser de l'information.

⁹⁰ On ne peut ici parler de géosystème au sens où l'entendent G. Bertrand et Beroutchachvili (1978) c'est-à-dire un système producteur d'espace dont l'expression première est le paysage.

comportement ou des circonstances extérieures, aider au maintien de l'équilibre du système ou devenir un agent déstructurant. Par exemple, la multiplicité des intervenants peut être facteur d'entropie mais la complémentarité des acteurs, le rôle régulateur des pouvoirs publics et des associations face aux deux pôles majeurs que sont les agriculteurs et les assureurs, favorisent l'équilibre de l'ensemble. Les rétroactions négatives, les mécanismes régulateurs néguentropiques l'emportent et assurent la pérennité du système.

***Le système dans la crise**

Au début des années 90, une recrudescence des chutes de grêle va déséquilibrer le système, mettre à jour ses insuffisances et entraîner des réajustements. Si la variabilité climatique fut le point de départ de ce désordre au sein du système de gestion du risque-grêle, les mécanismes amplificateurs, les rétroactions positives firent de la période 1992-1995 une période sensible dans l'évolution du risque-grêle et de sa gestion.

3- Le système de gestion du risque-grêle dans la crise des années 1992-1995

En matière de risque naturel, la notion de crise revêt divers aspects selon le type de phénomène climatique. Comme l'a bien montré J. Gravier (1986), les crises s'inscrivent de manière différente dans le temps selon le type d'aléa. La crise hydrologique (crue) est brutale et s'étale sur quelques jours, mais l'inondation des lits majeurs de la Saône ou de la Loire peut s'étaler sur un mois. La sécheresse, phénomène cumulatif, est une crise lente qui peut se prolonger sur plusieurs années. La sécheresse des années 1989-1990 en France a eu des répercussions jusqu'en 1992, notamment par les effondrements de terrains dus à la dessiccation des couches d'argiles.

Pour le risque-grêle, il n'est pas d'événement précis qui puisse déclencher une crise nationale. Tout dommage n'est pas et n'engendre pas une crise. Il faut distinguer la crise locale, à l'échelle du bassin de production ou de l'exploitation, d'une crise à l'échelle nationale. Les mini-crisis à l'échelle de l'exploitation sont, malheureusement, fréquentes et une chute de grêle sur une exploitation peut se révéler être une crise létale, entraînant la faillite de l'exploitation. Au grand désespoir des agriculteurs concernés, ces mini-crisis ne remontent pas au niveau national, celui de la gestion du risque-grêle dont nous venons de décrire les acteurs et les mécanismes. Les averses sont trop localisées bien qu'elles puissent toucher plusieurs centaines de kilomètres carrés parfois. C'est l'accumulation d'averses voire de saisons grêlifères qui aboutit à une crise du système de gestion du

risque-grêle à l'échelle nationale. Les années 1992, 1993 et 1994 ont été particulièrement grêlifères. Avant d'entrer dans l'explication de cette crise du système "grêle", examinons quelles en furent les manifestations.

3.1- Les manifestations et la mesure de la crise

Les années 1992, 1993 et 1994 ont été marquées par des chutes de grêle anormalement nombreuses et intenses. La mesure de la crise peut se faire par :

- les statistiques climatologiques et les manifestations phénoménologiques de la grêle
- les conséquences économiques (dommages)
- ses manifestations sociales et politiques.

3.1.1- La recrudescence des chutes de grêle

Sur le plan statistique, la grêlimétrie a enregistré de fortes fréquences et énergies (figure 37, p. 416, chapitre 6). En 1993, plus d'un tiers des grêlimètres installés dans le Sud-Ouest ont été touchés contre 11,4 % en 1991. L'énergie moyenne enregistrée par plaque grêlimétrique impactée est supérieure à 20 J.m⁻² en 1992, 1993 et 1994 et inférieure les autres années.

Sur le plan phénoménologique, plusieurs averses de grêle spectaculaires ont marqué les biens et ... les esprits. De 1992 à 1994, la presse régionale française a regorgé d'articles relatant les méfaits des orages de grêle. L'Argus de la Presse a dénombré plus d'un millier de coupures de presse (cartes 75)⁹¹.

En 1992, le 8 août, 1000 hectares de vignoble sont touchés dans le Médoc. En 1993, année la plus grêlifère depuis 1971, des chutes de grêle touchent la vallée du Rhône les 23 juin et 9 août, la vallée de la Garonne le 3 juillet et le 14 août, le Val de Loire les 1^{er} et 9 juin et les 11, 21 et 22 juillet. Nous avons déjà relaté longuement (chapitre 3) la journée grêlifère du 5 juillet 1993 : dans une quinzaine de départements, des grêlons de 3 à 6 cm de diamètre firent des dégâts considérables et même des blessés à Vienne (Isère).

En 1994, les dégâts sont nombreux dans le Lyonnais et le Jura (14 juillet) dans la basse vallée du Rhône le 24 août et le Var le 13 septembre.

L'ampleur des dégâts s'explique d'abord par le nombre de journées grêlifères : en ne retenant que les réseaux grêlimétriques qui couvrent un huitième du territoire français, on dénombre 31 journées avec au moins une chute de grêle en 1992, 39 en 1993 et autant en 1994 contre 25 en 1995 (avec plus de grêlimètres). En combinant les trois

⁹¹ Consultables auprès du GNEFA (Lyon).

sources climatologiques (Météo-France, grêlimétrie et Argus de la Presse), on a dénombré 70 journées avec grêle entre mai et septembre soit près d'un jour sur deux (70 jours / 153). Les circulations d'ouest et de sud-ouest accompagnées de fronts froids dominant, surtout au printemps. En été, les situations orageuses prennent le relais. Il faut rappeler que ces trois années ont connu des épisodes "cévenols" catastrophiques dont celui dit de "Vaison-la-Romaine", accompagné, en marge des laves torrentielles, de fortes chutes de grêle.

Outre la longueur de la saison grêlifère et le nombre de journées de grêle, ces trois années doivent leur particularité au fait que pratiquement aucune région française ne fut épargnée. La cartographie des averses de grêle recensées par l'Argus de la Presse en 1994 (carte 75a) montre que l'ouest et le centre de la France ont été affectés par des chutes de grêle. Ces régions, traditionnellement peu touchées par la grêle d'été, ont souffert au même titre que les régions méridionales. Pour ne donner qu'un exemple, le 1^{er} juin 1994, un orage né dans les Côtes-d'Armor dévaste Granville dans la Manche et prolonge sa course vers le nord-est. Des grêlons de plusieurs centimètres de diamètre fracassent toitures et verrières. En revanche, en 1995, année peu sinistrée (cartes 75b), seule la moitié sud de la France et dans une moindre mesure le Nord-Est subit des chutes de grêle dommageables. Cela prouve une nouvelle fois qu'il existe une grêle de fond dans le sud de la France, inscrite dans la normalité climatique annuelle, comme habituelle. La crise vient de l'intensification des chutes de grêle annuelles dans le sud de la France et de leur généralisation à tout le pays.

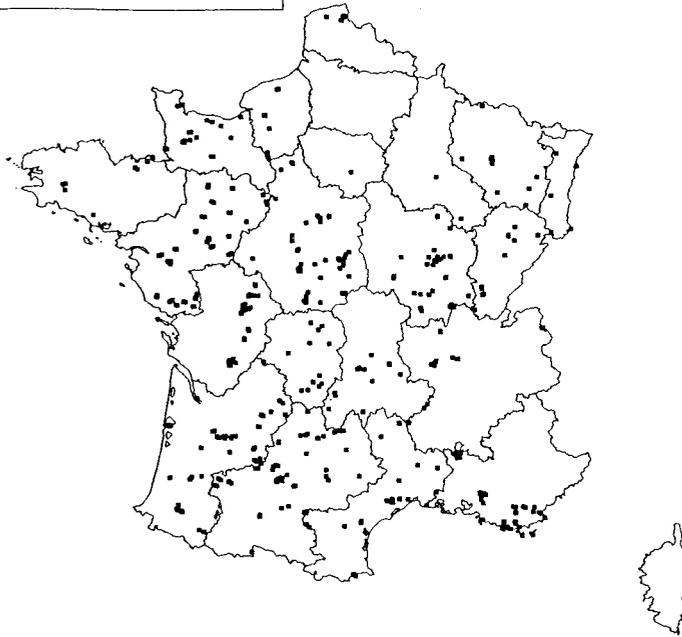
3.1.2- Des pertes économiques sans précédent

Au-delà des simples statistiques climatologiques, les dommages sont là pour témoigner du caractère exceptionnellement grêlifère de ces trois étés. Les pertes pour l'agriculture française furent sans précédent et les résultats des assureurs accusèrent de lourds déficits.

--->Les pertes absolues :

En tenant compte des indemnisations versées par les assureurs, des franchises qui restent à la charge des agriculteurs et des pertes sur les récoltes non assurées, les pertes totales dues à la grêle entre 1992 et 1994 s'élèveraient à près de 15 milliards de francs (voir l'estimation faite au chapitre 6) A titre de comparaison, le rapport des pertes entre 1995, année faiblement sinistrée (tableau 52), et les années 1992 à 1994 est de 1 à 3. Les sommes versées par les assureurs ont dépassé 1,5 milliard en francs pendant les

A : en 1994 année très grêlifère



Pour chacune des cartes, un point représente une commune touchée

B : en 1995, année peu grêlifère



Conception et réalisation : F. Vinet. IMAR-IGARUN

Source : Argus de la Presse/GNEFA

Carte 75 - Les chutes de grêle en France en 1994 et 1995 (d'après la presse)

trois années. Seule avant 1992, l'année 1971 avait dépassé cette somme (figure 44).

Tableau 52 - Les pertes dues à la grêle en France entre 1992 et 1995

année	indemnités versées par les assureurs (millions de francs courants)	pertes totales estimées** (millions de francs courants)	S/C*
1992	1500	4495	112
1993	2017	6050	156
1994	1455	4577	113
1995	570	1790	44

*rapport indemnités versées/cotisations encaissées

**voir estimation chap 6

D'après AIAG

--->les pertes relatives : années déficitaires pour les assureurs

Le pourcentage de perte a dépassé 4 % (toutes cultures confondues) en 1993 et près de 10 % sur les cultures fragiles. La sinistralité s'est traduite par une dégradation du rapport sinistres/cotisations ou rapport S/C (en fait de "sinistre", il s'agit des indemnités versées. Le rapport devrait être noté I/C mais nous conservons la dénomination S/C employée par les assureurs afin d'éviter toute confusion). Cet indice économique mesure le bilan financier d'une branche assurance. Un rapport de 100 % signifie que les cotisations équilibrent juste les sinistres payés. Mais, les assureurs évaluent leurs frais de gestion à 30 %⁹². Le seuil de rentabilité de la branche grêle correspondrait donc un S/C de 70 %. Pour mesurer le caractère exceptionnel de la crise du début des années 90, il faut la situer dans une perspective historique (figure 45).

Depuis 1980, le seuil de 100 % a été dépassé à cinq reprises : deux années consécutives en 1983 et 1984 puis de 1992 à 1994. Le taux S/C avait atteint un maximum de 204 % en 1971. Cette très mauvaise année n'avait pas manqué de provoquer une mini-crise dans les années qui suivirent. Des changements intervinrent dans l'assurance comme la généralisation des franchises et la limitation progressive des incitations à l'assurance-grêle (versées par le FNGCA) aux seules cultures fragiles. Les mauvaises années ne sont pas inconnues évidemment. Le rôle de l'assurance est précisément d'assurer une indemnisation lors des gros sinistres en reversant une partie des cotisations

⁹² Il est très difficile de comparer ce taux (qui semble élevé à certains) à celui des autres assureurs européens. Thomas Von Ungern-Sternberg (1997) donne des coûts administratifs et de représentation de 47 % pour les assurances espagnoles mais seulement 10 % pour les assurances cantonales suisses. Les modes de comptage sont différents et les taux varient selon les risques.

Fig. 44 - Évolution des indemnisations versées aux agriculteurs de 1951 à 1996

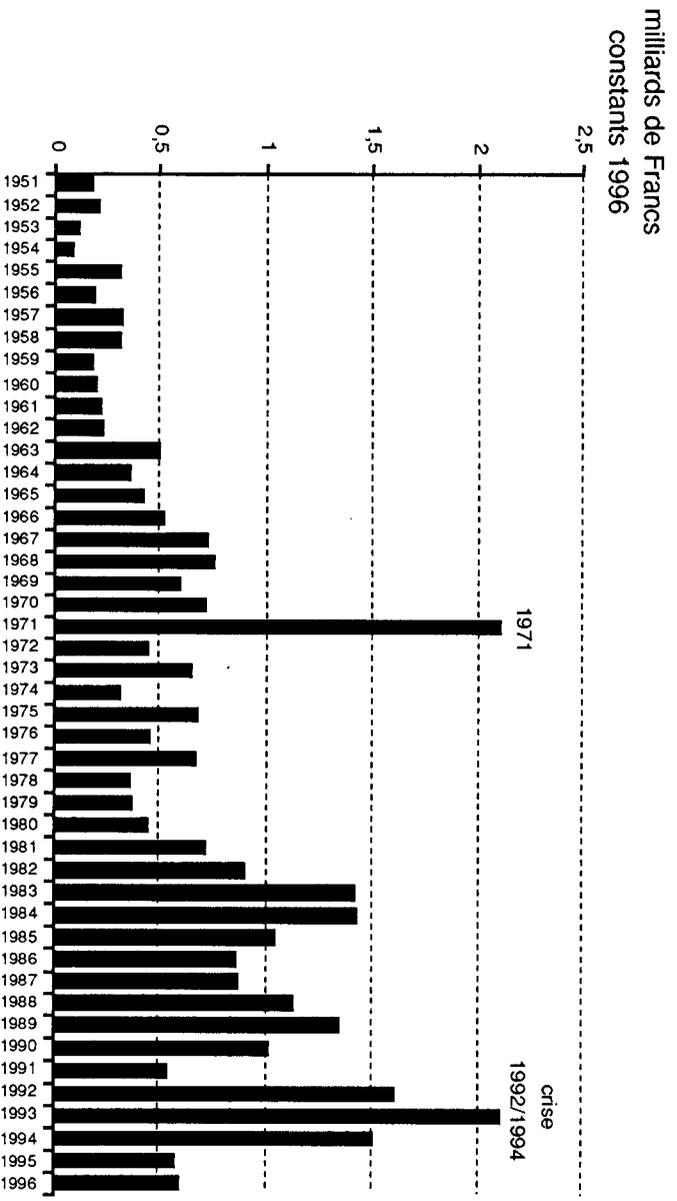
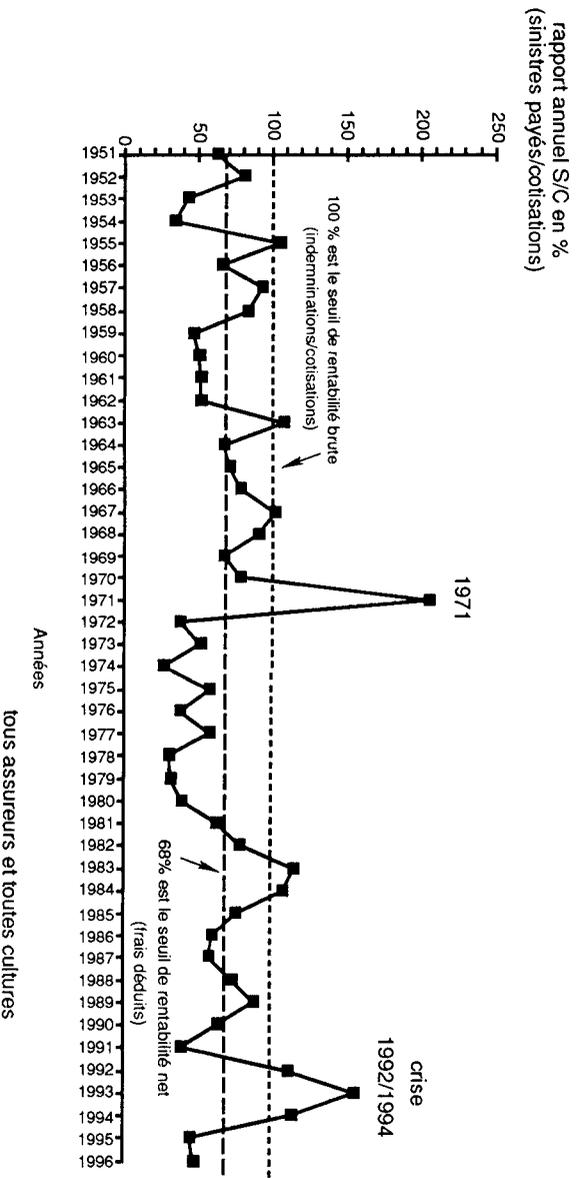


Fig. 45 - Bilans financiers annuels de l'assurance-grêle en France



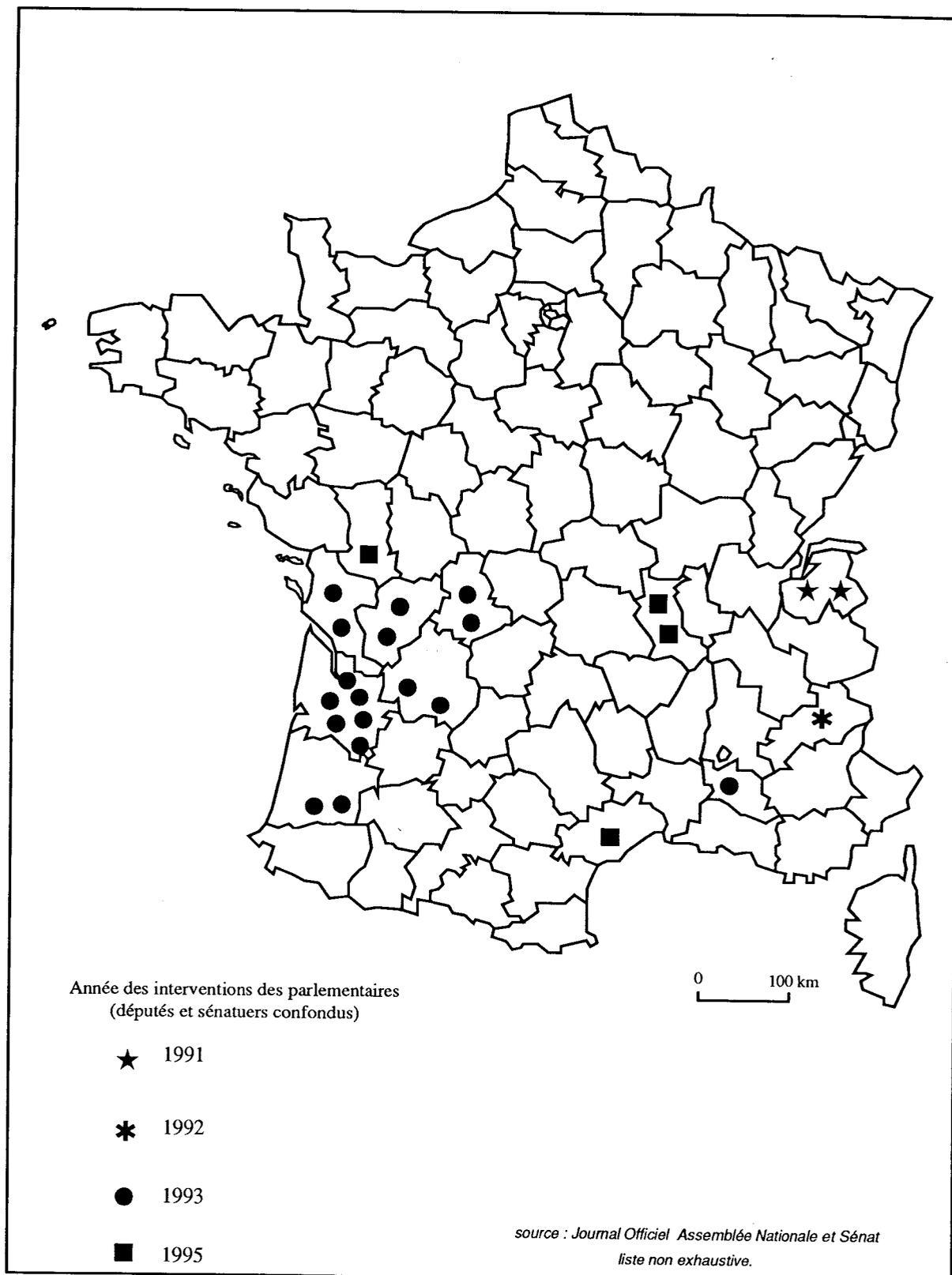
Source : Association Internationale des Assureurs contre la Grêle

encaissées lors des années déficitaires. Mais alors que 1971 avait été suivie d'une décennie peu sinistrée, la crise de 1992-1994 se distingue par la succession de trois années à plus de 100 %. Par ailleurs, depuis 1980, le S/C a dépassé le seuil de non-rentabilité (70 % d'après les assureurs) 9 années sur 15. Depuis les années 80, les réserves des assureurs n'auraient donc pas pu se reconstituer totalement.

3.1.3- Les manifestations sociales et économiques

Dire que la crise a été ressentie par tous les agriculteurs et tous les assureurs serait exagéré. Elle s'est concentrée sur certains acteurs et à certains moments notamment lors des débuts de campagne au printemps, ou à l'automne à l'heure des récoltes. Les fortes chutes de grêle ont été durement ressenties par les agriculteurs. Sur 271 000 agriculteurs assurés contre la grêle en 1993, 80 000 ont touché des indemnités soit près de 30 %. En 1992 et 1994, les pourcentages respectifs atteignent 18,5 et 27 % des exploitations touchées. On peut penser que la proportion est sensiblement la même pour les exploitations non-assurées. Ainsi, en tenant compte des exploitations touchées plusieurs fois sur ces trois années, on peut sans trop s'avancer affirmer qu'au moins une exploitation agricole (à production végétale s'entend) sur deux a subi de la grêle. Le rapport FNPF de 1996 mentionne de nombreux cas de faillite d'exploitations arboricoles ou viticoles suite à des orages de grêle sans qu'il soit toujours possible d'isoler les faillites dues spécifiquement à la grêle de celles précipitées par une trésorerie déjà fragile. La réaction des arboriculteurs face à cette recrudescence des chutes de grêle fut d'assurer la défense et la protection des exploitations face à l'augmentation des prix de l'assurance, le désengagement des aides de l'État... Les organisations professionnelles en particulier la Fédération nationale des producteurs de fruits (FNPF) eurent un rôle de catalyseur du mécontentement et des revendications des arboriculteurs.

La crise s'est donc aussi manifestée au niveau politique. Elle peut se mesurer au nombre d'interventions d'élus qui ont répercuté les demandes d'aides des agriculteurs auprès du Gouvernement ou du Ministère de l'Agriculture. Ces interventions politiques (carte 76) sont un bon indicateur de cette crise. Elles se sont multipliées au début des années 1990 culminant en 1995 après trois années très sinistrées. Elles relaient principalement les difficultés des arboriculteurs, quelquefois des viticulteurs et des



Carte 76 - Les interventions parlementaires relatives à la grêle entre 1991 et 1995

céréaliers. La cartographie (non exhaustive) des interventions politiques au Sénat et à l'Assemblée nationale recensées dans le Journal Officiel est à la fois surprenante et riche d'enseignements. Les élus qui sont intervenus auprès du gouvernement ne viennent pas des départements arboricoles comme la Drôme, le Lot-et-Garonne ou le Tarn-et-Garonne pourtant fortement touchés par la grêle entre 1992 et 1994. Ce mode de pression politique vient des départements à risque moyen, sur les marges des espaces arboricoles "traditionnellement" grêlés. Cette répartition peut s'expliquer de deux manières d'ailleurs plus ou moins complémentaires.

- Dans ces départements périphériques par rapport aux grandes zones fruitières, les arboriculteurs sont moins nombreux, moins organisés et moins assurés (chapitre 5). L'élu (député ou sénateur) sert de relais direct aux arboriculteurs alors que dans les départements fruitiers, ce relais se fait par la profession (syndicats) de façon plus discrète mais peut-être plus efficace, par un travail classique de "lobbying".

- De plus, on remarque que les départements signalés par des interventions d'élus nationaux ne sont pas les départements les plus grêlifères. Les chutes des années 1992, 1993 et 1994 ont été d'autant plus durement ressenties que la grêle est plus rare. Il ne semble pas y avoir de relation directe entre la présence ou non d'incitation à l'assurance-grêle dans le département et ces interventions politiques (carte 55, p.314, chap 5). Le nombre important d'interventions en 1995 (soit après les trois années les plus touchées) confirme bien que c'est l'accumulation d'années sinistrées qui déclenche la crise dans ses aspects politiques, économiques et sociaux.

Finalement, la crise-grêle revêt divers aspects. Le seuil de déclenchement de la crise est de nature différente suivant l'échelle considérée.

Pour la plante, il est physiologique. Il dépend de l'énergie de la chute de grêle.

A l'échelle de l'exploitation, il tient à l'ampleur de l'événement, au degré de destruction engendré par la chute de grêle.

A l'échelle du bassin de production agricole, il est spatial. Il dépend des surfaces grêlées. C'est le nombre d'agriculteurs touchés qui va déterminer une réaction collective de ces derniers, notamment sous la forme de pressions politiques.

A l'échelle nationale, l'occurrence d'une crise dépend de l'accumulation de sinistres donc de la fréquence des chutes de grêle. Le seuil déclencheur est financier tant pour les assureurs que pour les arboriculteurs.

3.2- La signification des crises

Le risque et la crise sont inséparables du concept de système même si le terme de crise est peu utilisé par les pères de la pensée systémique qui lui préfèrent des mots plus neutres, moins anthropomorphiques. Approprié par la psychologie (crise de l'adolescence) mais aussi la géographie physique ("crise morphogénique, climatique"), le mot "crise" vient du grec *krisis* (par le latin) qui renvoie aux notions de changement, de passage d'un état à un autre. *Krisis* a du reste une racine commune avec le mot "critique" (*krino*). Cette racine commune (*krinein*) veut dire distinguer, choisir, juger, trancher. Les Grecs utilisaient *krisis* et *krino* dans le domaine de la justice et des tribunaux. Le terme de crise recouvre plusieurs significations particulièrement adaptées aux phénomènes que nous voulons décrire. Mais l'ambiguïté et les difficultés de définition d'un terme aussi large que celui de crise (Lagadec P., 1991, p. 23) nous obligent à préciser ce que l'on entend par crise avant de nous pencher en détail sur les explications et la signification de la crise qui a touché la gestion du risque-grêle ces dernières années.

* La crise est d'abord **un échec**. Elle s'exprime par les difficultés économiques et sociales que nous avons étudiées ci-dessous. I.Dandolova (1990) montre bien que "la crise arrive quand on ne conçoit pas d'une manière consciente le risque. On enregistre une contradiction entre l'image attendue et idéale (qu'on se crée du risque) ou entre le modèle théorique et l'action réelle du phénomène" (p.98). La crise indique une perte de contrôle de la gestion du risque. L'**incertitude** s'accroît. Les acteurs de la gestion du risque manquent de visibilité dans l'avenir. Toute crise est marquée (Faugères L. et *alii*, 1990, p.144) par "des réactions spontanées, individuelles, non coordonnées ... des passages à l'acte... devant le caractère insoutenable des impacts et des coûts du risque". Le **désordre** s'accroît. Le système de gestion perd de sa lisibilité (Sayous J.L., 1994). Les relations entre acteurs se tendent et se complexifient.

* Les crises et leur dépassement sont le signe intangible de l'irréversibilité du temps (Maryse Guigo, 1989). **La crise est unique** comme le rappelle F. Pagney (1997) à propos des cyclones dans les Antilles françaises : "malgré les progrès de la prévision et de la prévention, les facteurs de vulnérabilité étant en constante mutation, et les perturbations ayant toutes leurs spécificités, les crises ne peuvent pas se répéter de façon identique. Elles se succèdent en ayant leur part d'originalité. En somme, préparer la crise en se conformant strictement aux enseignements des précédentes revient nécessairement à commettre des erreurs" (p.91). Elle l'est car les facteurs qui l'on produite sont historiquement originaux. Si l'on suit les préceptes de la pensée systémique, l'histoire ne

se répète pas. Dans ce sens, la crise met à jour les processus, parfois cachés, souvent insoupçonnés, qui l'ont générée.

* La crise est donc **un révélateur** des dysfonctionnements du système dans lequel elle surgit (Sayous J.L., 1994). La crise du système "grêle" est aussi révélatrice des évolutions qui ont amené une telle situation, révélatrice du blocage du système, de l'incomplète efficacité de ce dernier face aux aléas naturels en l'occurrence la recrudescence conjoncturelle des chutes de grêle.

* Mais du fait de son unicité, la crise est aussi changement, remise en cause, une étape dans l'évolution du système. C'est un **relais historique dans la gestion du risque**, un moment nécessaire aux vertus catalytiques. La crise peut être suivie d'une adaptation voire d'une refondation du système. On a vu que les systèmes ouverts étaient intrinsèquement évolutifs, que la stabilité est synonyme d'inadaptation, d'inefficacité et de déclin.

Conclusion

Le système de gestion du risque-grêle est complexe et fragile. Il est fait d'un assemblage de multiples acteurs qui ont tous comme préoccupation commune la lutte contre la grêle et ses effets. On peut comparer le système de gestion du risque-grêle à celui des catastrophes naturelles. Ce dernier est fortement structuré, "verrouillé" par une loi (13 juillet 1982) à laquelle se plient les acteurs du système. Le fonctionnement est efficace, mais Renaud Vié Le Sage (1991) et M. Falque (1993) entre autres en dénoncent les perversités : le verrouillage du système empêche toute évolution et freine les progrès de la prévention. L'absence de transparence empêche tout contrôle sur l'efficacité économique de ce système de prise en charge des risques soumis au régime "CAT NAT". Le système de gestion du risque-grêle est lui en revanche très ouvert et sensible aux évolutions de l'environnement. Si les acteurs ont tous en commun l'objectif d'une bonne gestion du risque-grêle, leurs intérêts à court terme peuvent être contradictoires, en particulier sur le plan financier. La circulation des flux financiers tant internes (entre les acteurs du système) qu'externes (entre les acteurs du système et leur environnement) est une des clés de compréhension du système. Dans le fonctionnement "normal" du système, les **mécanismes régulateurs garantissent l'équilibre homéostatique, sorte d'équilibre instable, du système donc sa pérennité.**

La recrudescence des chutes de grêle lors de trois années consécutives a engendré une crise de ce système et mis à jour ses dysfonctionnements. Elle fut une expérimentation réelle des réactions du système et de sa capacité à faire face (ou non) à la crise.

Il y a donc bien eu, de 1992 à 1994, une recrudescence de la fréquence et de l'intensité des chutes de grêle, expression de la variabilité climatique interannuelle. Il est difficile de hiérarchiser les années car cela varierait en fonction des paramètres et des régions considérées. Il semble tout de même que 1993 fut l'année la plus touchée suivie de 1994 et 1992. Les années de forte sinistralité ne sont pas inconnues ; l'été 1971 fut sans doute plus grêlifère que 1993 et fut suivi d'un certain nombre d'ajustements dans le domaine de l'assurance-grêle et de l'incitation à l'assurance. Mais jamais les bouleversements n'avaient atteint le degré de ces dernières années. Au-delà de la simple variabilité du risque-agent, la crise est aussi et surtout d'ordre socio-économique.

Après la description des outils de gestion du risque et de la nature de la crise, les deux chapitres suivants vont être consacrés :

- d'une part, à l'interprétation et à l'explication de la crise du système "grêle". Quels sont les facteurs à l'origine de la crise des années 90 ? Quels mécanismes ont précipité les désordres dans la gestion du système de gestion du risque-grêle ? Relèvent-ils de facteurs conjoncturels ou bien sont-ils l'aboutissement d'une longue évolution cindynogène ? (chapitre 8),

- d'autre part, à l'étude de la solution de la crise et des changements qu'elle a induits dans le système "grêle" (chapitre 9).

Chapitre 8

Les causes de la crise des années 1992-1995

- 1- Les causes profondes
- 2- Blocages et ruptures des années 1990 : les causes immédiates de la crise du système "grêle"
- 3- L'entropie grandissante

Chapitre 8

Les causes de la crise des années 1992-1995

Introduction

* La complexité des causes et les causes de la complexité

La crise qu'a subi le système de gestion du risque-grêle au début des années 1990 est révélatrice du fonctionnement et des dysfonctionnements de ce système. Elle nous a permis de démêler le jeu des acteurs, de mettre à jour leurs intérêts qui, théoriquement, devraient converger vers un meilleur fonctionnement du système mais qui, en fait, se révèlent souvent contradictoires surtout en période de crise. L'analyse des causes de cette crise est une recherche et une interprétation *a posteriori* des faits et phénomènes qui ont pu amplifier les effets de ces trois années grêlifères (1992 à 1994). Notre objectif est de voir si cette crise est intervenue fortuitement, tenant seulement à la variabilité des chutes de grêle ou si elle était rendue nécessaire par l'évolution récente du contexte socio-économique.

L'interprétation d'une telle crise n'est guère aisée :

- du fait que nombre d'aspects conflictuels entre les acteurs de la crise n'ont pas laissé de trace écrite. C'est par la rencontre des acteurs du risque, par des entretiens plus ou moins informels, alors que nous menions notre recherche, que nous avons été sensibilisé au problème. Il est fort probable que des aspects que nous espérons mineurs nous aient échappé.

- du fait de la complexité et de l'imbrication des facteurs. Plusieurs crises ont touché les différents sous-systèmes et ont amplifié, par une succession de boucles de rétroaction positives, l'entropie du système. Les facteurs d'entropie et de crise sont souvent à la fois causes et conséquences et répondent en cela aux lois de la systémique qui bannit toute causalité unique et linéaire.

- il est enfin difficile de cerner les limites chronologiques de cette crise qui dépasse bien sûr les trois années grêlifères de 1992, 1993 et 1994. L'année 1995 marque l'apogée des conflits et des difficultés mais il est certain qu'en 1998 toutes les plaies ne sont pas cicatrisées ; les conséquences de ces trois années grêlifères et des dérèglements consécutifs courent encore.

*Tendances, accélérations et ruptures : les temps de la crise.

La complexité herméneutique d'une telle crise nous oblige à la replacer dans un contexte chronologique où les différents facteurs et rétrofacteurs de la crise n'agissent pas à la même échelle de temps. En se référant aux études de B. Bousquet (1996) et en adaptant ce schéma au risque-grêle, on peut voir trois temps dans la préparation de la crise et trois temps dans sa gestion, sa di-gestion, sa "cicatrisation" (figure 46).

Pour la grêle, le **temps naturel** est le plus court. Ce qui est le cas pour la grêle l'est pour les risques climatiques ponctuels comme le gel ou la tempête. L'intervention du risque-agent est brutale soudaine et imprévisible à longue échéance. En revanche, pour des risques comme la sécheresse, le temps d'apparition est plus long. Il y a une longue période de préparation.

Le **temps** de préparation financier est plus long. La crise dans son aspect **économico-financier** vient après plusieurs années de dégradations.

Le **temps social** est le temps long, celui des mutations de l'agriculture, celui des changements d'attitude face au risque-grêle. Il tient évidemment aux changements économiques profonds qui sont des changements sociaux lorsqu'ils touchent plusieurs générations.

Après la chute de grêle, les effets sur les plantes sont assez vite cicatrisés. La végétation reprend ses droits après la chute de grêle même si la récolte est compromise - contrairement à d'autres phénomènes comme les phénomènes géomorphologiques pour lesquels le temps de cicatrisation est plus long -. Les traces physiques de la grêle disparaissent assez rapidement et, en dehors de quelques averses très intenses, la grêle laisse peu de traces dans l'année qui suit.

Le temps de cicatrisation financier est assez rapide. Les premières mesures de gestion de la crise sont d'ordre financier.

Le temps de cicatrisation social est beaucoup plus long. Il est nécessaire à l'émergence et au développement de nouvelles méthodes de gestion du risque. En ce sens, il est en continuité avec l'évolution d'avant la crise. La crise n'a été qu'un accélérateur du temps social.

Aux tendances lourdes (décennales) se superposent des accélérations et des ruptures génératrices de désordre. Dans le terreau de l'évolution économique et sociale, activée par les désordres du court terme, a germé la crise. Au fur et à mesure que l'on s'approche de la crise, les explications ne sont plus linéaires : les boucles de rétroactions sont nombreuses. L'entropie gagne.

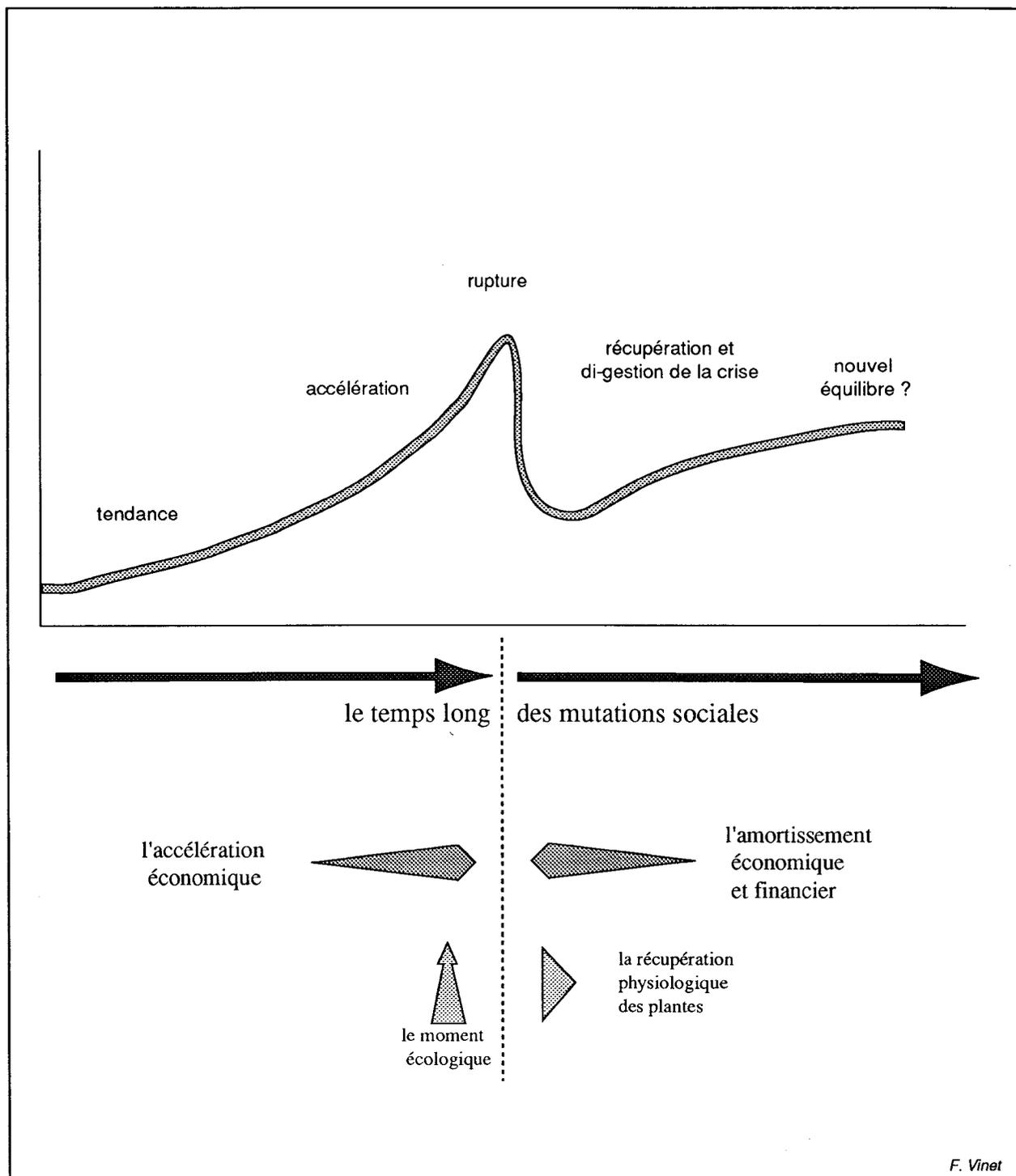


Fig. 46 - Les temps de la crise

1- Les causes profondes

Les causes profondes de la crise sont à rechercher dans l'évolution de l'agriculture depuis une quarantaine d'années. Les mutations sociales, économiques et spatiales de l'agriculture ont fragilisé le système de l'assurance-grêle et ont obligé les assureurs à s'adapter sans toujours y parvenir. Nous verrons quelles ont été les modalités de l'évolution de l'agriculture française, puis leurs conséquences sur l'assurance-grêle.

1.1- L'évolution de l'agriculture française depuis 1950

L'évolution de l'agriculture française depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale est bien connue. Elle a été abondamment traitée par les géographes ruralistes français. Elle résulte de l'accélération d'un processus de mutation des sociétés occidentales initié dès le XVII^{ème} siècle. Il s'agit du passage d'une société fondée sur une paysannerie formant une grande partie de la population vers une société urbaine. Les objectifs de l'agriculture ont radicalement changé. On est passé du paysan traditionnel vivant en économie fermée à base d'autoconsommation à des chefs d'exploitation travaillant en économie de marché. Cette mutation sociale de fond du XX^{ème} siècle en France, n'est pas sans conséquences sur la perception des risques naturels. Les agriculteurs dans leur nouveau rôle ne perçoivent, ni ne gèrent, les fléaux atmosphériques de la même manière que le faisaient les générations précédentes. L'assurance-grêle qui profitait d'une relative stabilité depuis sa fondation, couvrant surtout des céréales et un peu de vigne, s'en est trouvée bouleversée.

1.1.1- De nouvelles productions végétales

La mutation de l'agriculture s'est accompagnée d'une modification des plantes cultivées. Certaines ont pratiquement disparu comme l'avoine. La destinée de cette céréale est symptomatique. Nourriture favorite des chevaux, elle était en quelque sorte le carburant de l'agriculture française et constituait à ce titre une part non négligeable du portefeuille des assureurs-grêle jusque dans les années 1950. La généralisation du tracteur l'a fait disparaître de nos campagnes... et des contrats d'assurance-grêle. Pour la vigne, la mutation se fait dans le sens d'une amélioration de la qualité, les VDQS et les AOC remplaçant les vins de pays. Enfin, la production fruitière est montée en flèche dans les années 1960 et 1970 comme nous le verrons avec l'exemple de la pomme (figure 47)

1.1.2- Les changements des modes de production et des structures d'exploitation

La mécanisation des travaux des champs, corrélative d'une baisse de la main-d'œuvre agricole, a eu des conséquences sur les structures des exploitations agricoles françaises. La taille moyenne des exploitations a augmenté : elle est passée de 19 ha en 1970, 28 ha en 1988 et 35 ha en 1996. Parallèlement, leur nombre diminue malgré des mises en culture et des bonifications en Champagne et dans les Landes, entre autres régions. De 2 285 600 en 1956, le nombre d'exploitations agricoles est passé à un peu plus de 800 000 en 1996.

Les structures foncières ont été profondément modifiées par le remembrement des terres. Auparavant, les parcelles des exploitations étaient souvent dispersées sur tout le territoire communal. Aujourd'hui, les parcelles, plus vastes, sont mieux regroupées autour du siège d'exploitation. On mesure les conséquences de cette restructuration sur la concentration du risque-objet.

L'agrandissement des exploitations s'est accompagné d'une spécialisation des exploitations dans une ou deux productions. L'augmentation des rendements a engendré une concentration des capitaux à l'hectare. Les cultures fruitières particulièrement sensibles à la grêle sont véritablement apparues en tant que cultures commerciales. La physionomie et la finalité du verger français ont évolué. On est passé du verger familial des années 1950 à une production presque entièrement commercialisée, soumise aux exigences de qualité toujours plus fortes émanant de l'Union Européenne. Le cas du verger pommier est à ce titre une bonne illustration de ces mutations (figure 47)

La production de pommes a fortement augmenté entre la fin de la Seconde Guerre mondiale et 1970. De 280 000 tonnes de pommes (cidre exclu) en 1948, la production est passée à 1 720 000 de tonnes en 1970. Le tonnage de pommes produit en France oscille entre 1 700 000 et 2 millions dans les années 1980. 1992 fut une année record avec 2 400 000 de tonnes alors que la production de 1991, amputée par le gel du 21 avril avait stagné à 1 280 000 tonnes. Le gel de 1991 et la surproduction de 1992 ont été fortement préjudiciables aux arboriculteurs, nous aurons à y revenir.

La courbe des surfaces n'est pas tout à fait parallèle à celle de la production. A la forte augmentation des surfaces jusqu'en 1965, succède une diminution jusqu'au début des années 80. De 135 000 hectares en 1965, le verger pommier passe à 61 000 en 1984 pour ensuite fluctuer autour de cette valeur au gré des aléas climatiques, des cours et des différentes politiques d'aides à l'arrachage et à la plantation.

Les rendements passent de 57 qx/ha en 1958 à 106 qx/ha en 1966 pour se stabiliser à plus de 300 qx/ha à partir des années 1980.

Finalement, depuis la Seconde Guerre mondiale, on distingue trois phases dans l'évolution du verger pommier, assez représentatives de l'évolution générale des vergers, voire de l'agriculture française dans son ensemble :

- de 1950 à 1965 : forte augmentation des surfaces et de la production,
- de 1965 à 1980 : diminution des surfaces, augmentation de la production et des rendements,
- de 1980 à 1996 : stabilisation des surfaces, lente augmentation des rendements, forte variabilité interannuelle de la production (gel, alternance physiologique).

1.1.3- La spécialisation régionale

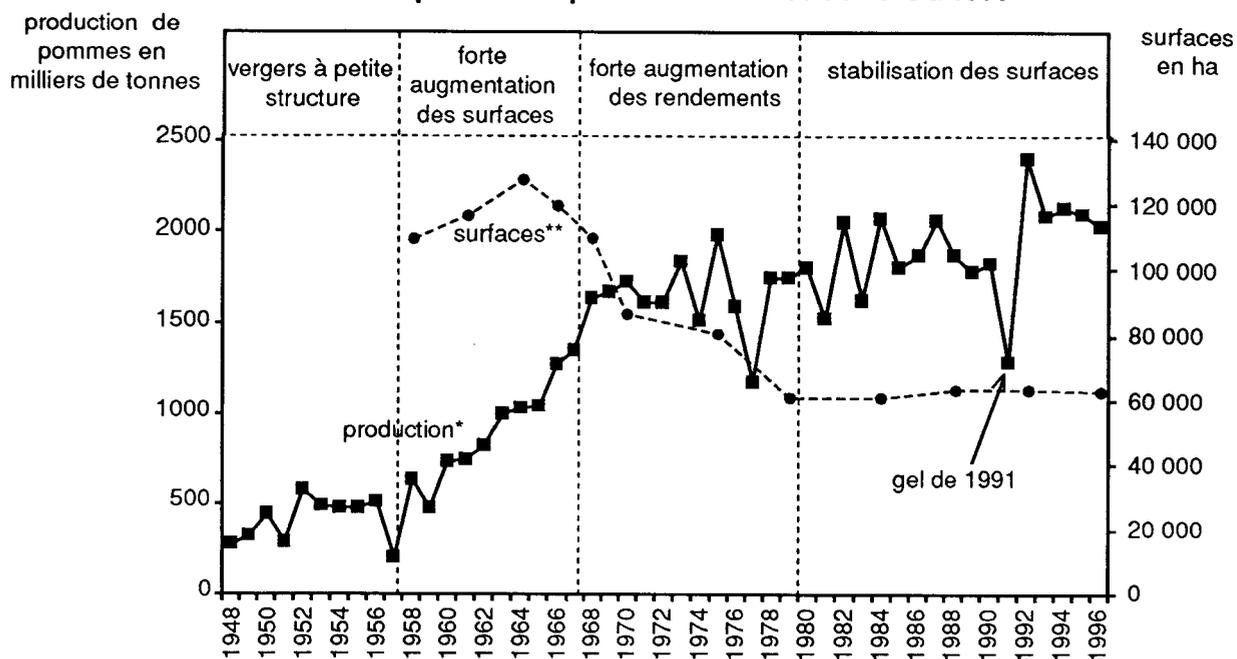
Ces mutations culturelles s'accompagnent souvent d'une spécialisation régionale. On peut parler d'une partition territoriale des productions : le Bassin parisien s'adonne définitivement aux grandes cultures (céréales, oléagineux et protéagineux, betteraves) tandis que le Sud-Est et la vallée de la Garonne se spécialisent dans les cultures légumières et fruitières...

1.1.4- L'intégration économique et professionnelle de l'agriculture

La spécialisation régionale est intimement liée à l'intégration des agriculteurs dans des circuits de plus en plus contrôlés en amont et en aval par le commerce et l'industrie. La pression des circuits de distribution, la présence de techniciens et de prestataires de service à l'agriculture favorise la spécialisation de certains bassins de production. Il est certainement assez difficile de s'installer en tant que producteur laitier dans le Vaucluse où le contexte économique (en plus des conditions naturelles) dissuade une telle activité. Une boucle de rétroaction positive amplifie la spécialisation régionale agricole. Les groupements de producteurs renforcent la spécialisation régionale.

L'exigence de qualité est corrélative de la nouvelle vocation marchande de l'agriculture. L'augmentation des rendements a été obtenue par des espèces hybrides plus performantes mais plus fragiles. Les nouvelles espèces sont exfoliées de façon à laisser le soleil atteindre les fruits. Si le soleil atteint bien les fruits... la grêle aussi. Le feuillage n'a plus de rôle protecteur.

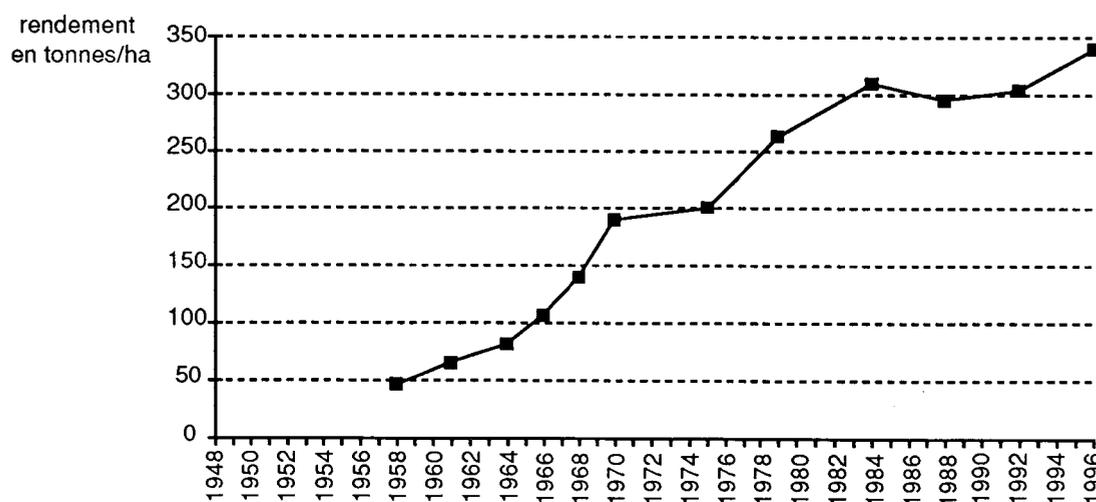
Fig. 47a - Évolution comparée de la production de pommes et des surfaces plantées en pommier en France de 1948 à 1996



* : production nationale en milliers de tonnes, pommes à cidre exclues

** : surface totale plantée en verger pommier

Fig. 47b - Évolution du rendement des vergers pommier de 1958 à 1996



Source : SCEES- Ministère de l'agriculture

Fig. 47 - L'évolution du verger pommier français entre 1948 et 1996

1.1.5- De nouveaux agriculteurs

Le rapport Léger *et alii* de 1972 souligne déjà le changement de mentalité des agriculteurs. L'agriculteur est devenu un chef d'entreprise soucieux du revenu de son exploitation. Chaque opération, chaque choix de gestion se traduisent immédiatement en termes financiers. Autrefois, le bon agriculteur était -disait-on- celui qui avait une récolte d'avance dans son grenier. Ce temps est bien révolu sauf pour la vigne et éventuellement les céréales conservées quelques mois dans les silos. Pour les fruits et légumes en tout cas, il n'est pas possible de conserver le produit au-delà de quelques mois. Le revenu dépend de la récolte de l'année. Une chute de grêle et c'est le revenu de l'année qui est compromis. L'agriculteur, plus attentif à son revenu, a donc une plus forte propension à vouloir s'assurer contre la grêle. La cotisation d'assurance est comprise dans les comptes de l'exploitation, "les agriculteurs s'abonnent à la grêle" disait Léger dès 1972 (p. 35). Par ailleurs, l'endettement et la nécessité de rembourser de fortes sommes annuelles poussent les agriculteurs à assurer leurs revenus.

Mais l'agriculteur est devenu plus averti, plus calculateur. La profession se rajeunit. L'information circule mieux. L'agriculteur compare les prix, faisant jouer la concurrence entre les compagnies d'assurance-grêle. Le regroupement des agriculteurs en organisations professionnelles (loi du 8 août 1962 sur les groupements de producteurs) va dans le sens d'une plus grande prise de conscience de leurs intérêts. Après les averses de grêle, les contestations d'experts se font de plus en plus nombreuses, note le rapport Léger dès 1972. On est loin de l'expert incontesté d'antan qui jouissait du prestige du technicien infailible. Le rapport Léger déplore la pression exercée sur les experts qui cèdent parfois en majorant le taux de perte.

Nouvelles cultures, augmentation des rendements et concentration des capitaux, exigence de qualité, ont renforcé le besoin en assurance et ont fait naître de nouvelles exigences en matière de protection des cultures contre les fléaux naturels.

1.2- Les conséquences de l'évolution de l'agriculture sur l'assurance-grêle

Les mutations du monde agricole ont eu des conséquences contradictoires sur l'assurance-grêle (figure 48). Alors que la couverture des exploitations par l'assurance

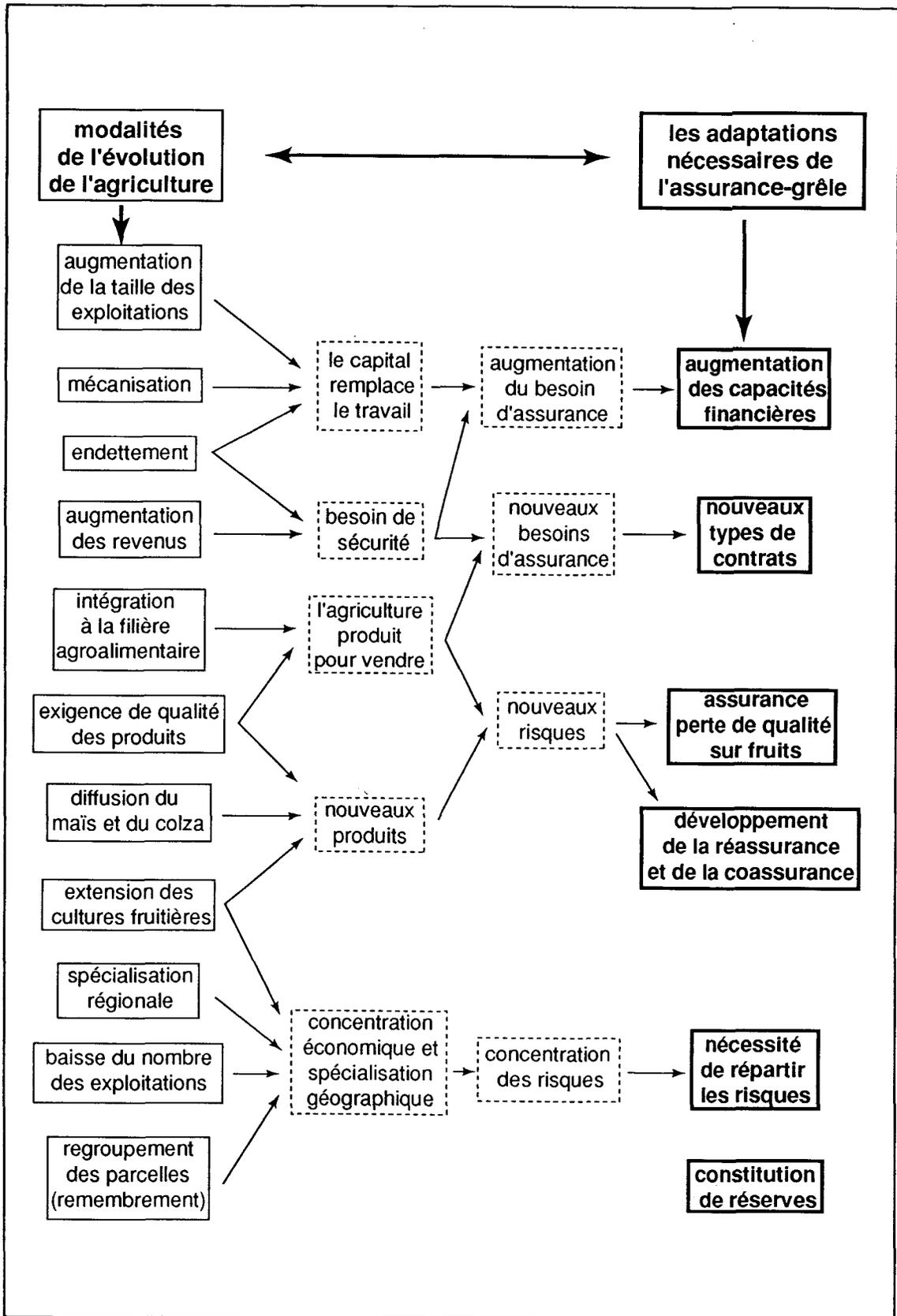


Fig. 48 - Évolution de l'agriculture depuis 1960 et conséquences sur l'assurance-grêle

s'améliorait, l'adaptation nécessaire aux nouvelles cultures et une plus grande concentration économique et géographique du risque-objet fragilisaient le système de l'assurance-grêle.

1.2.1- L'augmentation de la couverture des cultures par l'assurance

Les quarante dernières années ont vu la diffusion de l'assurance-grêle en France. Toutes les cultures ne sont pas forcément couvertes sur une même exploitation. Un agriculteur peut souscrire plusieurs contrats d'assurance-grêle avec des compagnies différentes mais cette pratique est rare. La part des exploitations couvertes par un contrat d'assurance-grêle sur récolte est passé de 12 % en 1955 à 33 % en 1993 (tableau 53).

La souscription massive d'assurance-grêle est corrélative des mutations de l'agriculture entraînant la nécessité d'une garantie de revenus. Elle est aussi favorisée par la mise en place en 1964, en même temps que la loi sur l'indemnisation des calamités agricoles non assurables, d'incitation à l'assurance-grêle versées sous la forme de réduction de cotisations d'assurance par le FNGCA (chapitre 5).

Tableau 53 - La pénétration de l'assurance-grêle dans le monde agricole

année	nombre d'exploitations agricoles en France*	nombre de contrats d'assurance-grêle sur récolte**	part des exploitations munies d'un contrat d'assurance-grêle sur récolte
1955	2 257 000	272 622	12,1
1960	1 900 000	340 309	17,9
1970	1 587 600	347 677	21,9
1979	1 262 700	333 377	26,4
1988	1 016 700	294 333	28,9
1990	980 000	289 067	29,5
1993	820 600	271 354	33,1
1996	727 500	233 919	32,2

*Ministère de l'Agriculture-SCEES

**AIAG

Le nombre de contrats d'assurance-grêle augmente fortement en valeur absolue dans les années 60. Il atteint son maximum avec 350 137 contrats en 1971. Curieux hasard qui fait coïncider ce maximum avec l'année la plus grêlifère que la France ait

connu après-guerre. Il est difficile de dire si l'augmentation du nombre de contrats aurait pu continuer sans cette année désastreuse ou si le nombre d'exploitants intéressés par l'assurance-grêle arrivait à son maximum (en chiffres absolus). Cependant on peut penser que les mesures prises après les dommages sans précédent de 1971 ont limité le nombre des souscriptions. Parmi ses mesures, il faut en retenir trois :

- l'augmentation des taux de cotisation,
- la généralisation des franchises (10 %),
- la limitation de l'incitation à l'assurance-grêle aux seules cultures fragiles (fruits, légumes, vigne) et non plus à tous les types de culture comme auparavant.

Après 1971, le nombre de contrats souscrits diminue mais moins rapidement que le nombre d'exploitations. Le taux de couverture des exploitations augmente donc, mais plus lentement que dans les années 60. L'année 1971 fut à ce titre un tournant, une crise qui précipita l'évolution du système de gestion du risque-grêle. La forte croissance de l'assurance-grêle dans les années 60, l'évolution rapide de l'agriculture n'avaient pas été véritablement maîtrisées par les assureurs comme en témoigne le rapport Léger de 1972. Le risque-grêle est très aléatoire dans le temps et dans l'espace, et les averses sont assez rares en un point donné. Il faut donc un bon nombre d'années avant que les assureurs aient une idée juste du risque donc de sa gestion (tarification...). Le risque-grêle, comme tous les risques d'origine naturelle, se gère sur le temps long. Des changements rapides dans la nature et la répartition du risque-objet (les cultures), comme ce fut le cas dans les années 1960, déstabilisent les assureurs qui n'ont plus une bonne connaissance du risque. La crise de 1971 a sonné comme un signal d'alarme. Elle a obligé les assureurs à s'adapter aux nouvelles conditions de l'agriculture exposées précédemment.

Du fait de l'augmentation des rendements et de la taille des exploitations, le montant des capitaux assurés (figure 49) augmente plus rapidement que le nombre des contrats.

1.2.2- L'adaptation de l'assurance aux nouveaux produits et aux nouveaux modes de production

Le premier problème pour les assureurs fut dès les années 1960 de proposer des contrats d'assurance-grêle pour de nouveaux produits (fruits, maïs, colza...) dont la sinistralité et le comportement face à la grêle n'étaient pas bien connus. Même pour les cultures déjà anciennes comme le blé, le passage de la récolte manuelle à la moisson mécanique a pu avoir des répercussions sur la tarification de l'assurance-grêle. En effet, la récolte par moissonneuse-batteuse exige que le blé soit bien mûr et sec alors que la récolte manuelle pouvait se contenter d'un blé encore point trop mûr (surtout s'il était destiné à

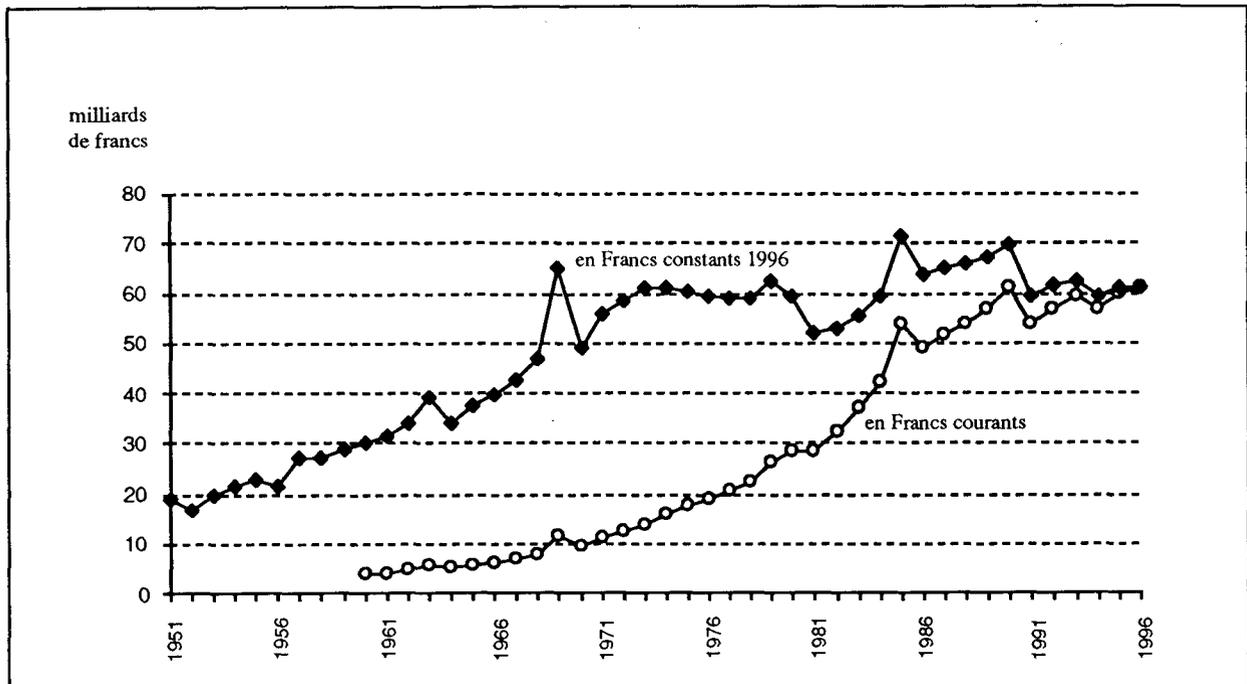


Fig. 49a - Évolution des capitaux assurés contre la grêle sur récolte en France de 1951 à 1996

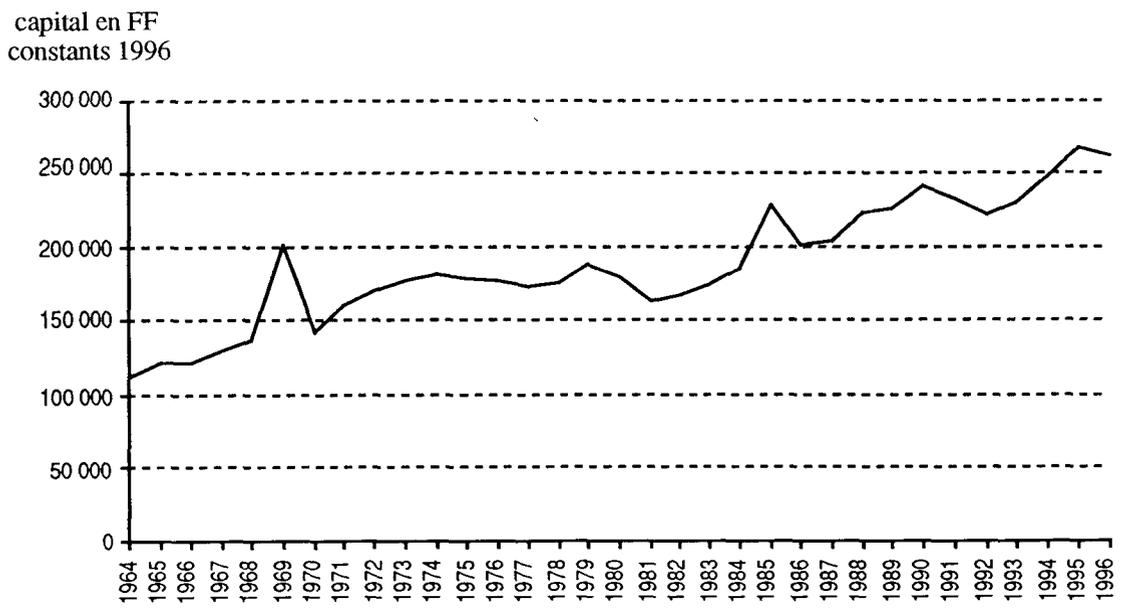


Fig. 49b - Montant moyen des capitaux assurés par contrat (en FF constants 1996)

Source : AIAG

Fig. 49 - Évolution des capitaux agricoles assurés contre la grêle entre 1951 et 1996

l'autoconsommation). Ainsi, les parcelles moissonnées mécaniquement restent plus longtemps sur pied en juillet (une quinzaine de jours selon le rapport Léger et alii, 1972) à une époque de l'année particulièrement grêlifère. Pour le colza, les nouvelles variétés à grand rendement sont récoltées vers le 15 juillet contre le 25 juin pour les anciennes. Pour le maïs et le colza, la différenciation est difficile entre les dégâts dus à la grêle et ceux dus au vent et la pluie. C'est ce qui a facilité l'apparition d'une assurance-tempête sur récolte en 1984.

Mais c'est le développement de l'assurance des cultures fruitières qui demeure le changement majeur. La garantie "perte de qualité" a été introduite dès les années 1950 mais sa généralisation date des années 1970. Déjà, en 1950, est créé le Pool-grêle réunissant plusieurs sociétés d'assurance-grêle pour la gestion et la coassurance des cultures spéciales. La garantie en perte de qualité est rendue nécessaire par les exigences toujours plus fortes en matière de qualité des produits. Les normes européennes et les exigences des consommateurs (surtout à l'exportation) obligent à produire des fruits parfaits. La moindre trace d'impact de grêlon entraîne le déclassement du fruit. C'est la même chose pour les légumes : actuellement, une conserverie de petit pois exige un lot parfait alors qu'autrefois le tri manuel permettait d'éliminer les grains abîmés. Si la récolte n'est pas homogène, c'est tout le lot qui est déclassé ; le risque de perte financière est multiplié. En 1975, le Fonds national de garantie des calamités agricoles prend acte de la montée en puissance des cultures fruitières dans l'assurance-grêle en les détachant des autres cultures fragiles auxquelles on applique désormais un taux réduit d'incitation à l'assurance.

La mécanisation ne favorise pas l'adaptation aux chutes de grêle. Donnons deux exemples.

- L'éclaircissage des fruits après la nouaison (mai pour les pommes). Si les fruits formés sont trop nombreux, il faut les éclaircir. Auparavant, l'éclaircissage manuel permettait de trier les fruits qui avaient pu être marqués par des chutes de grêle de printemps. L'éclaircissage chimique ne fait pas ces différences et élimine autant les fruits sains que les fruits grêlés.

- Avec la mécanisation et la raréfaction de la main-d'œuvre, il n'y a plus de replantation des betteraves endommagées après une éventuelle chute de grêle printanière.

Ce ne sont ici que quelques exemples de mutations de l'agriculture auxquelles l'assurance a dû faire face. Les réponses sont pour la plupart techniques : adaptation de l'expertise, ajustement des tarifs... Mais il est un phénomène destructurant plus profond,

qui n'a bien sûr pas échappé aux assureurs, mais contre lequel l'existence de parades efficaces est plus hypothétique : l'inexorable concentration des capitaux assurés.

1.2.3- La concentration des capitaux assurés

L'évolution de l'agriculture depuis la Seconde Guerre mondiale présente deux caractéristiques défavorables à une bonne répartition géographique des risques : l'augmentation des rendements donc des capitaux assurables à l'hectare et la concentration géographique des capitaux en particulier ceux liés aux cultures sensibles comme les fruits. La concentration spatiale s'observe à plusieurs échelles : celle de l'exploitation, celle des bassins de production de plus en plus spécialisés, et enfin à l'échelle nationale.

1.2.3.1- À l'échelle de l'exploitation

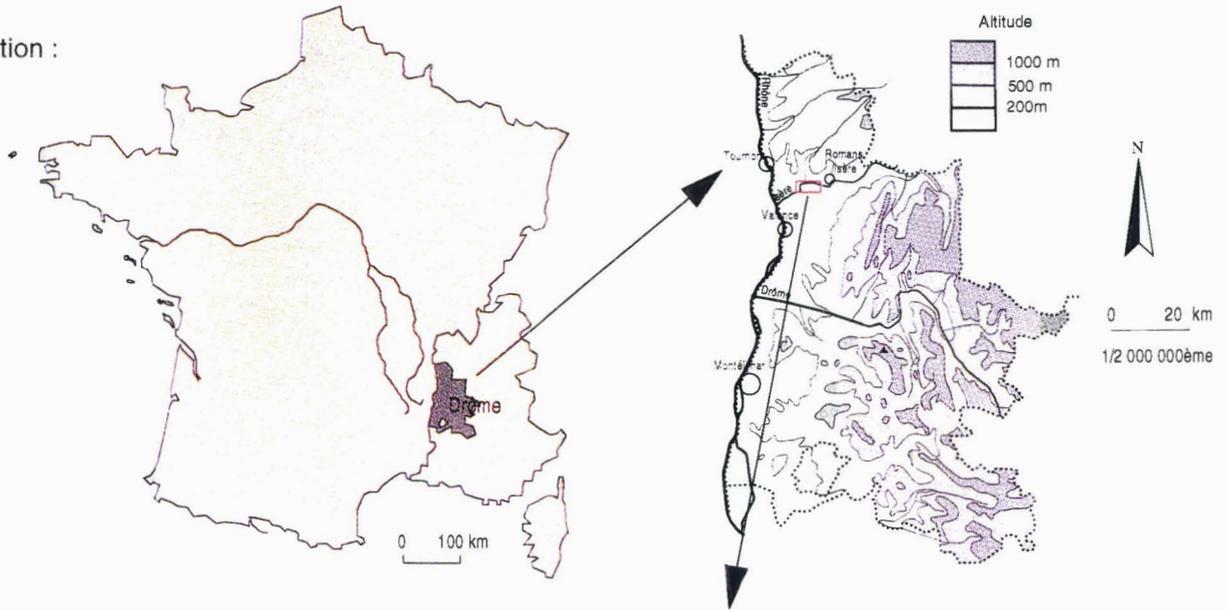
Les capitaux assurés par contrat ont fortement augmenté (figure 49). De plus, le remembrement et l'augmentation des rendements expliquent que le revenu des exploitations soit concentré sur quelques parcelles d'une même culture regroupées dans un faible périmètre autour du siège. Une averse de grêle peut facilement toucher tout le capital assuré d'une même exploitation. Le risque est donc plus fort pour l'agriculteur de perdre une part importante de ses revenus.

1.2.3.2- À l'échelle du bassin de production

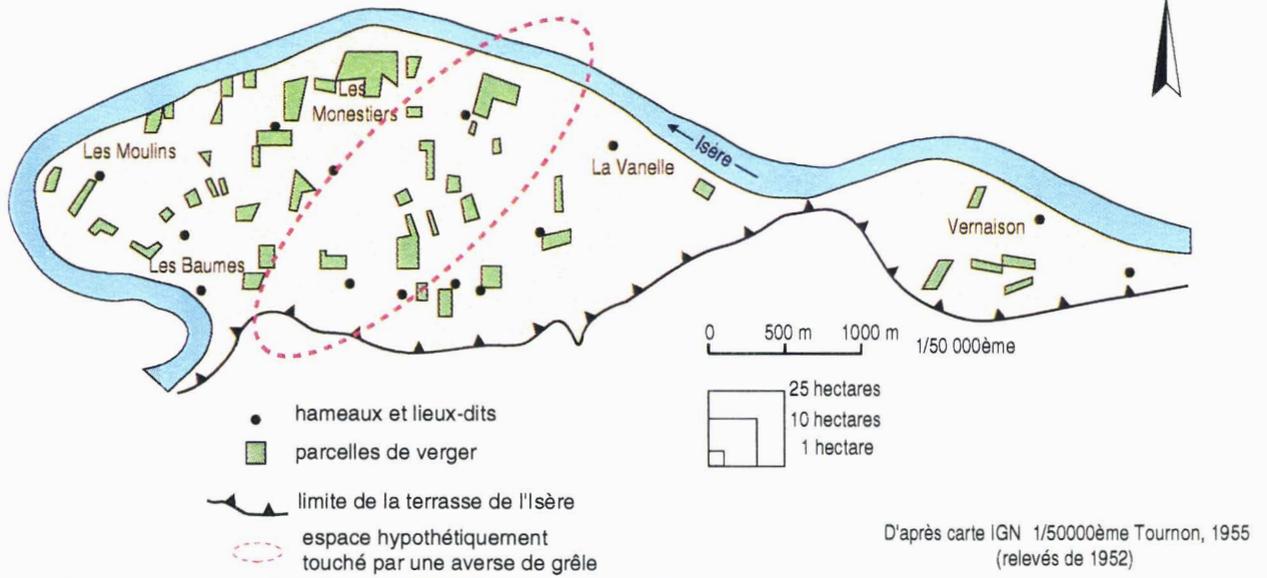
Ce sont ici la spécialisation régionale et la monoculture qui entraînent la concentration spatiale des capitaux. La vallée de l'Isère est une bonne illustration des effets cindynogènes de cette concentration des capitaux (cartes 77). L'arboriculture s'est développée dès le XIX^{ème} siècle dans le Couloir rhodanien grâce en particulier à l'arrivée du chemin de fer qui permit d'écouler plus rapidement et en grande quantité des productions périssables vers les villes. À partir des années cinquante, l'arboriculture connut une seconde période de croissance. L'arrivée des pieds-noirs dans les années 1960 renforça le dynamisme de l'arboriculture. La Drôme, le Vaucluse, les Bouches-du-Rhône se sont hissés parmi les premiers départements producteurs de fruits.

La culture des pêcheurs, abricotiers, pommiers... s'est concentrée dans des bassins de production aux conditions de culture favorables (Dubesset P., 1972) comme le Comtat Venaissin ou le bassin de Valence. Ce dernier, situé entre les confluences rhodaniennes

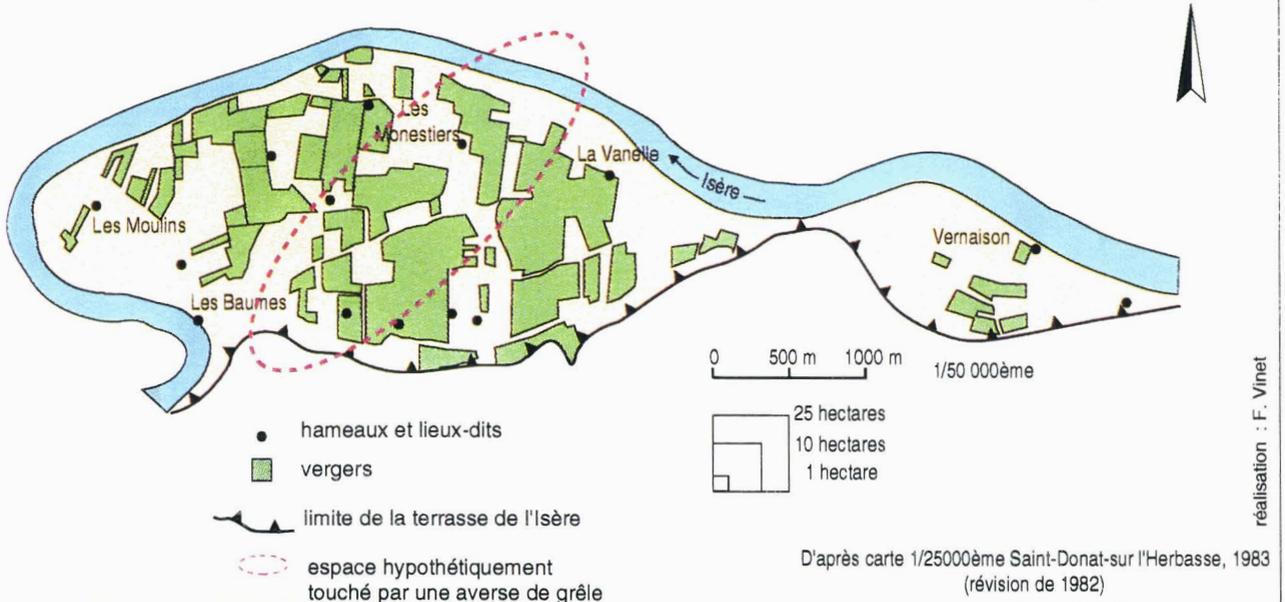
Situation :



Carte 77a - Les vergers dans la basse vallée de l'Isère en 1952 (Département de la Drôme)



Carte 77b - Les vergers dans la basse vallée de l'Isère en 1982 (Département de la Drôme)



Cartes 77 - La densification des vergers dans le département de la Drôme entre 1952 et 1982

de l'Isère et de la Drôme, sur les terrasses fluviales et fluvio-glaciaires de ses affluents, est devenu un immense verger où dominent les fruits à noyau. La quasi-monoculture arboricole se lit sur les cartes topographiques. Ces milliers de parcelles contiguës de vergers forment une proie de choix pour les chutes de grêle.

Nous avons mesuré, en étudiant l'évolution des surfaces arboricoles entre 1952 et 1982, l'augmentation des surfaces et donc la concentration spatiale des capitaux agricoles susceptibles d'être touchés par la grêle. L'espace choisi couvre 730 hectares dans la basse vallée de l'Isère entre Romans-sur-Isère et le confluent. Il est limité au nord par le cours d'eau et au sud par le rebord de la haute terrasse de l'Isère. L'évolution agraire de cet espace est représentative de celle de l'ensemble du bassin de Valence.

En 1952, (carte 77a) les vergers occupent 63 hectares soit 8,6 % de l'espace étudié. Les parcelles (identifiables sur les cartes topographiques), d'une surface moyenne d'à peine deux hectares, sont disséminées parmi les cultures céréalières dominantes. Les parcelles de verger sont encore, pour la plupart, intégrées comme revenu d'appoint dans des exploitations polyculturelles. Certaines exploitations se consacrent exclusivement à l'arboriculture mais elles dépassent rarement 15 hectares de surface contiguë.

Trente ans plus tard, en 1982, les vergers couvrent 270 hectares soit 37 % de la surface étudiée et plus de la moitié de la SAU. La surface cultivée en verger a été multipliée par 4,3. Les parcelles sont contiguës et forment des quartiers de plusieurs dizaines d'hectares de pêchers ou d'abricotiers. Il est peu probable que les surfaces aient progressé entre 1982 et 1998 tant l'espace agricole est proche de la saturation. En appliquant un capital assuré à l'hectare de 50 000 francs en 1997 (moyenne établie à partir des statistiques de Groupama Drôme) et en supposant que tous les vergers soient assurés, la valeur exposée est de 13,5 millions de francs.

Nous avons simulé, pour les deux années, les conséquences d'une éventuelle petite averse de grêle touchant l'espace étudié. La zone touchée est de forme ellipsoïdale - comme c'est souvent le cas (Vinet F., 1994c) -, de 3 kilomètres de long sur 1 km dans sa plus grande largeur. L'ellipse hypothétiquement touchée par la grêle est orientée SW-NE, les vents dominants étant de secteur SW en type de temps orageux.

En 1952, la grêle aurait touché 20 hectares de vergers ; en 1982 (ou en 1997 à peu de différences près) la même averse couvrirait 80 hectares, soit 4 millions de francs de dommages dans le cas d'une destruction totale.

En 1952, le risque-objet était dispersé. Une averse touchait des surfaces réduites. Les exploitations pouvaient la plupart du temps compenser des pertes dues à la grêle sur verger par d'autres ressources. En revanche, en 1982, du fait de l'augmentation et de la densification des surfaces fruitières, les enjeux financiers sont beaucoup plus forts. Une

petite averse comme celle que nous avons simulée peut entraîner des dommages difficiles à surmonter pour des exploitations spécialisées qui n'ont d'autre ressource que les fruits. Pour les assureurs, outre les aspects financiers, de telles concentrations monoculturelles posent des problèmes d'expertise. En effet, en cas de sinistre, les experts doivent visiter de très nombreuses parcelles d'une même culture en un temps restreint. Les coûts de gestion s'en trouvent augmentés de même que l'insatisfaction des agriculteurs.

Cet exemple aurait pu être pris dans d'autres bassins de production comme le Comtat ou la Vallée de la Garonne. Cette concentration et cette densification des vergers dans des bassins de production, certes très performants et dynamiques, accentuent les risques liés aux chutes de grêle. Les enjeux augmentent et les sommes engagées décuplent sur des surfaces de plus en plus réduites. Or ces bassins de production fruitière sont situés dans le sud de la France. Nous avons déjà vu ce phénomène lors de l'étude du risque-objet (chapitre 5). Il résulte d'un phénomène de concentration spatiale, de migration des cultures fruitières vers le sud de la France.

1.2.3.3- À l'échelle de la France : la migration des cultures fragiles vers le sud de la France

Cette concentration spatiale des surfaces fruitières à l'échelle nationale se lit dans l'évolution de l'extension spatiale des vergers (6 espèces : pommiers, poiriers, pruniers, pêchers, abricotiers, cerisiers) entre 1979 et 1992⁹³. 1979 correspond à la fin de la forte croissance des rendements dans le verger français. Les chiffres émanent du Recensement général de l'agriculture effectué cette année-là. L'enquête de 1992 permet de faire un bilan du verger français au seuil des trois années grêlifères qui stigmatisèrent la crise du système de gestion du risque-grêle (tableau 54).

⁹³ Le verger français en 1992. SCEES, ministère de l'agriculture. Données chiffrées-agriculture n°51 janvier 1994, 219 p.

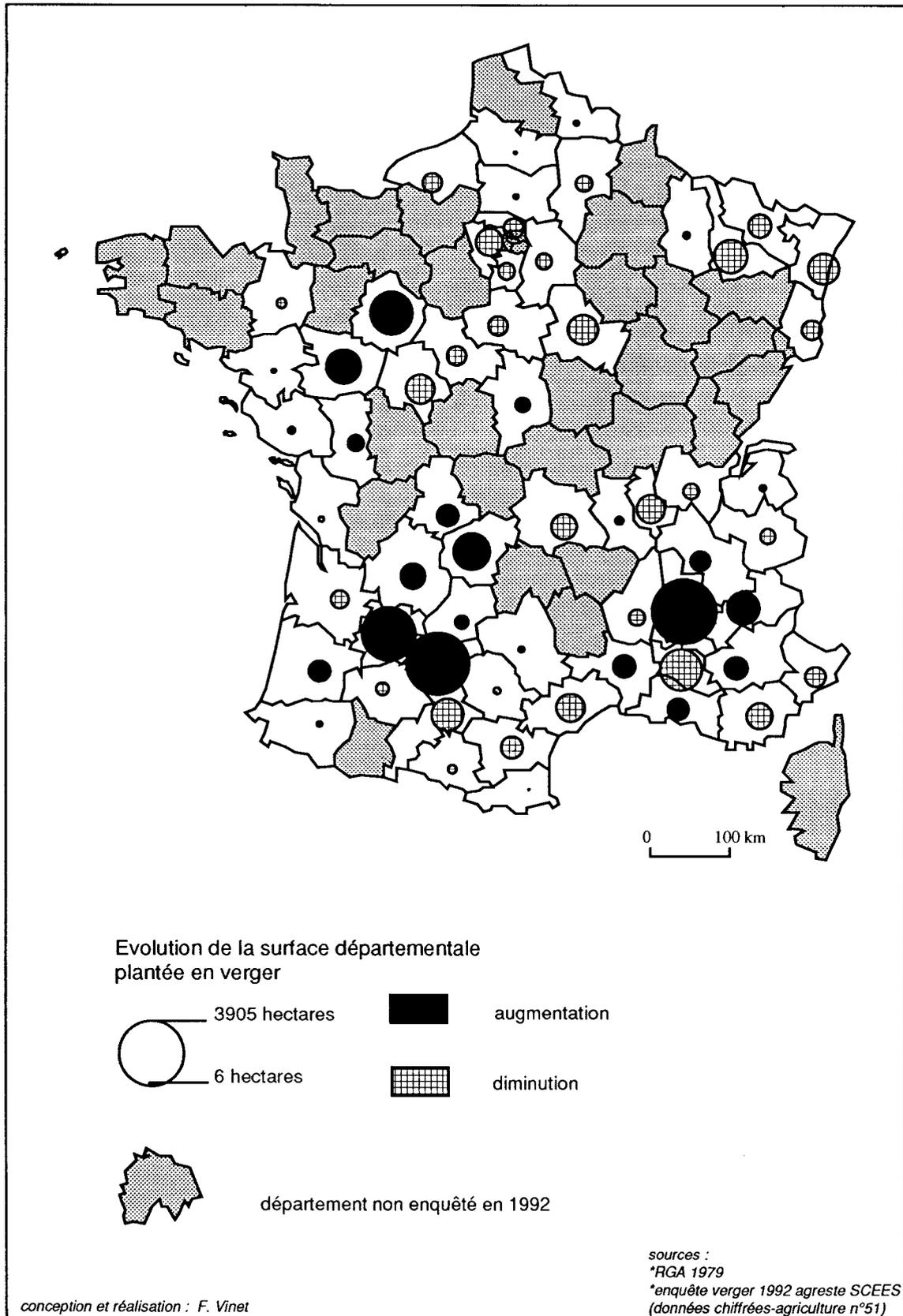
Tableau 54 - Evolution des surfaces plantées en verger entre 1979 et 1992 dans quelques départements

Département	surfaces fruitières en 1979 (en ha)	surfaces fruitières en 1992 (en ha)	évolution 1979/1992 (en ha)	évolution 1979/1992 (en %)
Les cinq plus fortes baisses (en valeur absolue)				
Vaucluse	14 817	13 109	-1636	- 11,5 %
Meurthe-et- Moselle	1770	772	-998	- 56,4 %
Haute-Garonne	1989	933	-976	- 53,1 %
Bas-Rhin	1421	558	-863	- 60,7 %
Yonne	1475	651	-824	- 55,9 %
Les cinq plus fortes hausses (en valeur absolue)				
Corrèze	922	2163	+1241	+ 135 %
Sarthe	1016	2720	+ 1705	+168 %
Lot-et-Garonne	11 424	13 594	+ 2768	+ 19 %
Tarn-et- Garonne	12 229	15 569	+ 3807	+ 27,3 %
Drôme	13 703	17 416	+ 3905	+ 27,1 %

Ces dates sont suffisamment espacées pour illustrer la phase de concentration spatiale, prélude à la crise des années 1990. Dans un contexte de stagnation des surfaces et d'augmentation des rendements, le centre de gravité du verger français n'a cessé de se déplacer vers les départements du sud de la France (carte 78, tableau 54). Les années 1980 correspondent plus à une phase de redistribution spatiale qu'à une augmentation globale des surfaces fruitières. La croissance des surfaces et celle des rendements datent plutôt des deux décennies précédentes.

Alors que des vergers disparaissaient dans les départements du nord de la France, la redistribution spatiale s'est faite au profit des départements méridionaux qui ont renforcé leur poids dans le verger français.

Pour l'ensemble du verger "six espèces", seuls dans le nord de la France le Maine-et-Loire et la Sarthe ont vu leurs surfaces augmenter. Des régions traditionnellement fruitières comme la région parisienne ou l'est de la France perdent leurs vergers, l'une grignotée par l'urbanisation, l'autre par manque d'innovation (disparition des pruniers).



Carte 78 - Évolution des surfaces plantées en verger en France entre 1979 et 1992

Hérités d'une période d'autoconsommation, les petits vergers lorrains ou les vergers de la banlieue parisienne ne sont pas adaptés à la grande consommation.

En revanche, sous l'impulsion d'arboriculteurs dynamiques, bénéficiant d'un contexte favorable, les vergers ont accru leur surface de près de 4000 hectares dans la Drôme, de plus de 3000 hectares dans le Tarn-et-Garonne et 2000 hectares dans le Lot-et-Garonne. Outre ces départements traditionnellement fruitiers, le verger français s'est étendu dans des départements du sud de la France encore peu fruitiers. C'est le cas de la Corrèze et de la Vallée de la Durance (Hautes-Alpes). En Corrèze, les surfaces plantées en fruits (pommes surtout) sont passées de 922 hectares en 1979 à 2163 en 1992. En fait, on assiste dans les années 1980 à l'éclosion de nouveaux départements fruitiers à la périphérie des bassins fruitiers traditionnels par un phénomène de diffusion en contiguïté géographique. Ce redéploiement se fait donc au profit des départements du Sud. Or on sait que le sud de la France est beaucoup plus grêlifère que le nord. C'est un facteur essentiel d'aggravation du risque.

On tient là l'explication de la concentration spatiale du risque-objet décrite en deuxième partie (chapitre 5). De tous les processus cindynogènes, la concentration géographique du risque-objet est peut-être la plus grave, la plus déterminante car elle paraît irrémédiable et irréversible. C'est une des causes profondes qui ont fait de la crise des années 1990 une crise sans précédent. Au terme d'une longue concentration spatiale du risque, trois années de fortes chutes de grêle ont provoqué des dégâts considérables dans ces bassins de monoculture fruitière rendus vulnérables par le degré de fragilité de l'économie locale vis-à-vis de la grêle.

Les tendances lourdes de l'évolution de l'agriculture française ont modifié la perception et donc la gestion du risque-grêle. Ce manque d'anticipation est en partie dû à des blocages internes du système. Les tendances lourdes à l'origine de la crise sont dues aux évolutions de l'agriculture. Les nécessaires adaptations de la gestion du risque-grêle n'ont pas toujours pu être anticipées notamment du côté des assureurs.

1.3- Les conséquences sur les résultats de l'assurance

1.3.1- L'évolution de la sinistralité

Sur la période 1950-1995, la tendance est à la hausse (en francs constants) pour tous les indicateurs de sinistralité des assureurs que ce soit le taux de prime pure (S/K), le

rapport S/C ou le montant brut des indemnisations. Cependant on observe un hiatus vers 1980. Jusqu'à la fin des années 1970, la courbe des sinistres suit grossièrement la courbe des capitaux assurés (sauf l'accident de 1971). A partir des années 1980, les dégâts se maintiennent à un niveau assez élevé et "décrochent" de la courbe d'évolution des capitaux. La moyenne annuelle des indemnisations s'établit, en francs constants, à plus d'un milliard de francs entre 1981 et 1990 contre 650 millions de francs dans la décennie précédente malgré les deux milliards de francs d'indemnisation versés en 1971. La décennie 1980 correspond en fait à la montée en puissance des cultures fruitières dans le portefeuille des assureurs. Les cultures fragiles augmentent les indemnisations versées mais les assureurs ne répercutent pas toujours dans leurs cotisations le coût réel de ces dommages.

1.3.2- La réaction des assureurs : une efficacité limitée

Dans leur rapport de 1972, Léger et ses coauteurs préconisaient certaines mesures aptes à faire face à l'augmentation probable du risque-grêle suite à la modification des portefeuilles : regroupement des sociétés, coassurance, vérité des tarifs...

La concurrence entre les compagnies, l'euphorie de l'augmentation des capitaux assurés et la faible sinistralité (au moins dans les années 70) ont rendu ses mesures inopérantes. Certes, des mesures furent prises après l'année très grêlée de 1971 comme la généralisation des franchises ou la pratique de la coassurance. En revanche, les années 1983 et 1984 (très sinistrées, elles aussi) n'ont pas été suivies de changements radicaux dans la gestion du risque-grêle, en partie parce que les chutes de grêle n'avait pas plus touché les zones fruitières que les régions céréalières. La période d'après-guerre avait connu une certaine concentration puisque de 28 en 1950 les sociétés pratiquant l'assurance-grêle n'étaient plus que 13 en 1970. Mais la dispersion a repris puisqu'elles sont plus d'une vingtaine actuellement.

2- Blocages et ruptures des années 1990 : les causes immédiates de la crise du système "grêle"

Aux tendances lourdes qui tiennent essentiellement aux rapports entre l'agriculture et l'assurance, donc à la gestion interne du système " grêle", se sont surimposées des causes conjoncturelles souvent externes au système de gestion du risque-grêle. Ces causes externes ont exercé des pressions très fortes sur les acteurs du système, les ont fragilisés et ont précipité puis accentué la crise.

2.1- Pressions externes et difficultés des acteurs du système "grêle"

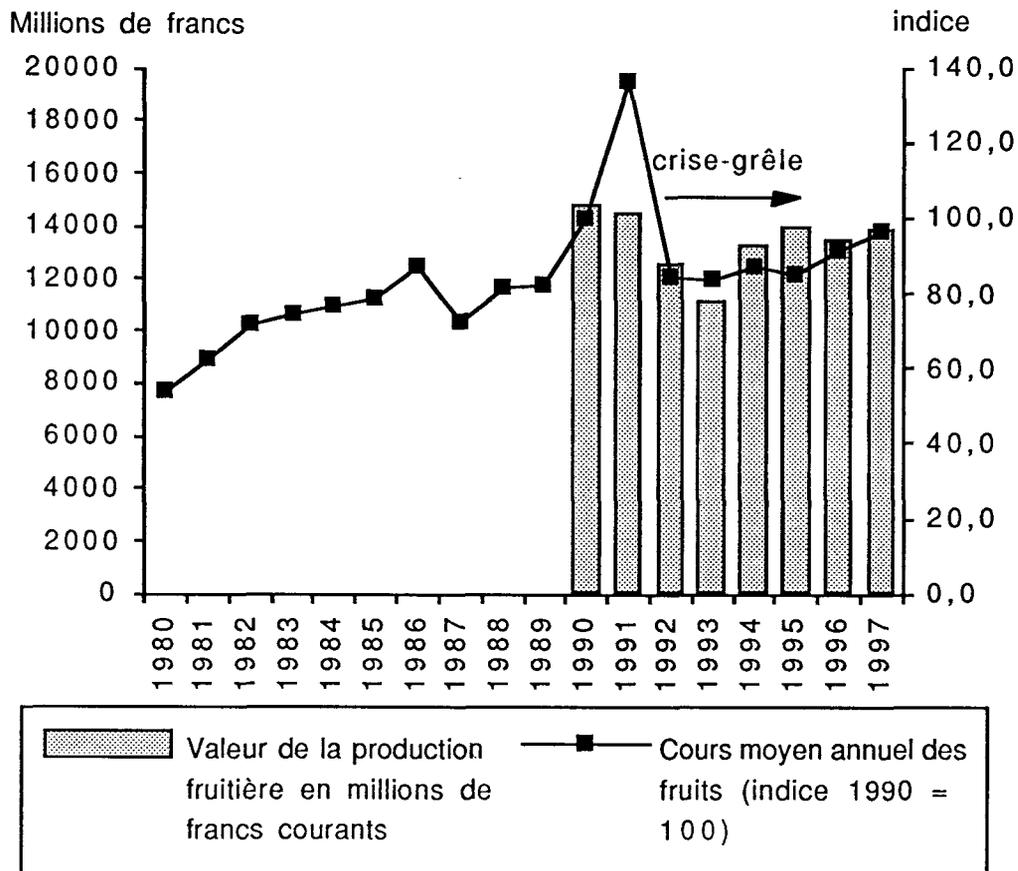
2.1.1- Les difficultés des arboriculteurs

La production de fruits a connu une forte augmentation depuis les années 1960 comme nous l'avons vu précédemment. Cette phase d'euphorie prend fin graduellement à partir des années 1990.

Le gel de 1991 a détruit une bonne partie des récoltes fruitières et viticoles (Blondeau P. et Gravier J., 1995). Dans la nuit du 20 au 21 avril 1991, une descente d'air froid a balayé le pays avec des températures de -2° C à -5° C dans le nord de la France, le Sud-Ouest et la Vallée du Rhône. Ce gel s'est traduit par une baisse de 30 % de la production de pommes par rapport à l'année précédente (figure 47 ci-dessus). Les souscriptions d'assurance-grêle sur vigne et verger ont diminué de 20 à 40 % car les agriculteurs, pour qui le gel a enlevé toute perspective de récolte, suspendent leur assurance pour un an. Ce gel a mis en difficulté des exploitations qui avaient peu de réserves financières ou qui étaient très endettées (jeunes arboriculteurs). Mais l'effet le plus pervers de ce gel est venu l'année suivante. Les arbres fruitiers, en repos forcé pendant l'année 1991, ont énormément fructifié en 1992. Cette alternance d'années peu productives et d'années prolifiques est connue des arboriculteurs à l'échelle du verger. En 1992, ce phénomène joua à l'échelle nationale. La production de pommes dépassa pour la première fois les deux millions de tonnes en 1992. De plus, le début des années 1990 coïncide avec l'arrivée en production de vergers plantés au milieu des années 1980 à grand renfort de primes et de subventions. Cette surproduction n'est pas seulement conjoncturelle. La production de fruits s'est maintenue à un niveau élevé depuis 1992. La surface du verger pommier augmente légèrement au début des années 1990 pour atteindre

63 000 hectares en 1992. Les autres vergers (abricot, pêche...) connaissent à peu près la même évolution⁹⁴.

La surproduction entraîne une brutale baisse des cours (figure 50). Depuis 1992, ces derniers récupèrent lentement leur niveau d'avant 1990.



Source : SCEES-Ministère de l'Agriculture

Fig. 50 - L'effondrement des cours des fruits au début des années 1990

D'autres difficultés attendent les arboriculteurs français en particulier l'augmentation de la concurrence internationale. La concurrence traditionnelle de l'Italie s'est renforcée sur les marchés des pays de l'Europe du nord. De nouveaux pays producteurs émergent. Les pommes du Chili, de l'Afrique du Sud ou de la Nouvelle-Zélande arrivent sur les marchés européens en mars/avril, à une époque où les

⁹⁴ Voir "La dynamique des vergers de 1988 à 1993". Agreste, étude N° 34, déc. 1995, 50 p. SCEES

arboriculteurs et grossistes français sortent les fruits des entrepôts frigorifiques pour les commercialiser à bon prix.

Ainsi, au détour des années 1990, difficultés conjoncturelles et handicaps structurels fragilisent l'arboriculture, en particulier la filière pomme. L'effet économique des chutes de grêle de 1992 à 1994 fut ainsi amplifié. Des exploitations ont perdu des marchés à l'exportation pour cause de grêle soit par manque de fruits soit parce que la baisse des cours a poussé certains arboriculteurs à mettre sur le marché des fruits de mauvaise qualité.

2.1.2- Les difficultés des assureurs

Le système assurantiel fut également soumis à partir de la fin des années 1980 à de fortes pressions. Partout, les résultats des régimes d'assurances des risques naturels se sont dégradés. En France, la sécheresse de 1989-1990, les catastrophes hydroclimatiques (Nîmes en 1988, Vaison-la-Romaine en 1992, crues cévenoles en 1993...) ont été particulièrement destructrices. Même s'ils sont couverts par le régime des catastrophes naturelles donc bénéficient de la garantie illimitée de l'État, les risques de la nature ont pour un temps grevé les comptes des assureurs. C'est à cette période que de nombreux spécialistes (Falque M., 1993 ; Vié le Sage R., 1991) et même une compagnie d'assurance⁹⁵ dénoncent l'incurie des pouvoirs publics en matière de prévention et de réduction des risques d'origine naturelle.

En réalité, cette recrudescence semble avoir affecté tout le globe. La coïncidence de catastrophes naturelles et technologiques très dommageables a engendré des pertes considérables aux assureurs et réassureurs (Abrassart E., 1997 ; De Varenne F., 1998). Pour donner quelques exemples citons :

- en 1989, le cyclone Hugo.....5 milliards de dollars de dommages
- en 1990, les tempêtes en Europe.....5 milliards de \$
- en 1992, le cyclone Andrew.....16 milliards de \$
- en 1994, le séisme de Northridge (Californie)...12,5 milliards de \$
- en 1995, le séisme de Kobé.....3 milliards de \$

Dans un monde assurantiel de plus en plus internationalisé, ces multiples catastrophes notamment par le biais de la réassurance (dont nous avons expliqué plus

⁹⁵ Il s'agit de la MACIF. voir *Aménagement et Nature* N°113, 1994, p.27.

haut les mécanismes) ont rejailli sur les comptes des assureurs français. La presse grand public ne manqua pas de s'en faire l'écho⁹⁶.

2.1.3- L'influence de la politique agricole européenne

Traditionnellement, la faible sinistralité grêle sur les cultures céréalières compensait les mauvais résultats de l'assurance-grêle sur les cultures fragiles. A partir de la fin des années 1980, les réformes européennes ont mis à mal cet équilibre en diminuant par diverses mesures les surfaces cultivées en céréales en France.

Dès 1985, la C.E.E. avait lancé un programme de gel des terres. La baisse consécutive des surfaces de grande culture (correspondant à la grande classe "céréales et assimilées") s'est accompagnée à partir de 1992 d'un programme de retrait des terres et de jachère obligatoire. Ces premières mesures ont eu des conséquences notables sur le régime d'assurance-grêle (A. de Beaucaron, 1994). Les surfaces en céréales, peu sensibles à la grêle, ont diminué ou au mieux stagné. En même temps augmentaient les surfaces en fruit beaucoup plus sensible. En 1991 fut décidé l'alignement du prix des produits agricoles sur les cours mondiaux⁹⁷. S'en suivit une chute considérable des prix de certains produits comme les oléagineux dont les valeurs sont passées de 3 à 1. Cela diminue d'autant les capitaux assurés puisque ceux-ci sont calculés sur la base du prix du produit. D'après A. de Beaucaron (1994) "la profession (assureurs) a donc dû faire face à cette chute importante et supporter près de 30 % de baisse d'encaissements sur trois ans, sans pouvoir réduire les frais généraux d'autant !" (p. 31).

Or la branche assurance-grêle sur céréales est plutôt bénéficiaire et compense les pertes chroniques sur fruits. Si les capitaux "céréales et assimilées" décroissent, la part des fruits dans les portefeuilles se renforce.

La crise du système de gestion du risque-grêle est intervenue dans un contexte tendu pour les principaux acteurs de la gestion du risque. L'augmentation des chutes de grêle a coïncidé avec des pressions extérieures au système de gestion du risque-grêle. Ces pressions ou difficultés ont fragilisé les assureurs et les arboriculteurs, et les ont poussés respectivement à privilégier la défense de leurs intérêts. Pour les arboriculteurs, l'augmentation, même temporaire, des chutes de grêle fut une agression ajoutée aux

⁹⁶ Le Monde, 19 janvier 1993 p.27 et 9 mai 1995 p. 19. Le Nouvel Economiste N° 941, 15/04/94. Le Point N°1181, 8/05/95 p.90 à 95.

⁹⁷ Au lieu de soutenir directement les prix des denrées au dessus du cours mondial, la C.E.E. intervient seulement *a posteriori* par le versement de primes. Le revenu à l'hectare issu de la vente des produits diminue. Il y a donc moins lieu de s'assurer pour l'agriculteur.

nombreuses autres venues d'un contexte économique difficile. Pour les assureurs, l'accumulation des sinistres d'origine naturelle incitait à la prudence et à la rigueur financière. Même si les risques sont de nature et d'échelle différentes, la coïncidence des fortes chutes de grêle avec la recrudescence momentanée des grandes catastrophes naturelles a sans doute incité les assureurs, sous la pression des réassureurs, à modifier leur politique tarifaire.

Aux pressions externes, étrangères au système de gestion du risque-grêle, s'ajoutent des désordres internes. L'attitude de certains acteurs du système, en partie d'ailleurs à cause de ces pressions extérieures, a amplifié les tensions à l'intérieur du système. Par réactions en chaîne et rétroactions positives, volontaires ou non, contrôlées ou non, la crise du système s'est accentuée et s'est prolongée au-delà des trois années grêlifères jusqu'en 1995 et 1996.

2.2- Blocages, ruptures internes et rétroactions cindynogènes

Les difficultés externes des acteurs du risque-grêle s'accompagnent de désordres internes au système de gestion du risque-grêle lui-même. Face à ces difficultés et devant la recrudescence des chutes de grêle, assureurs, arboriculteurs et pouvoirs publics ont adopté des attitudes de repli, de désengagement, provoquant des blocages internes et mettant en danger l'équilibre du système. Les changements d'attitudes des acteurs du système, privilégiant en période de crise les intérêts de leur propre filière, ont amplifié la crise par des boucles de rétroactions positives.

2.2.1- L'arrêt des incitations à l'assurance-grêle

Nous avons vu en détail lors de l'étude de l'assurance-grêle (chapitre 5) les modalités de l'incitation à l'assurance-grêle. Elle combine une subvention nationale versée par le Fonds national de garantie des calamités agricoles et une subvention départementale versée par les conseils généraux des départements qui le désirent. Dans ces départements, le FNGCA verse en plus de la subvention nationale une subvention complémentaire. Les aides ainsi versées peuvent dans certains départements atteindre un tiers du montant de la cotisation d'assurance-grêle d'un arboriculteur. La loi de 1964 sur les calamités agricoles prévoyait l'incitation à l'assurance-grêle pour 7 ans avec une baisse régulière jusqu'à sa suppression. Mais l'incitation s'est pérennisée. Après l'année très grêlifère de 1971, l'incitation n'est plus attribuée qu'aux cultures fragiles : fruits,

légumes, vigne. Progressivement, à partir de 1975, les fruits se détachent des autres cultures et, grâce à la pression des professionnels, conservent des taux d'incitation élevés. Cette évolution est en partie responsable de l'augmentation de la part des fruits dans le portefeuille des assureurs-grêle. En 1990, l'incitation nationale prenait en charge 21 % du montant des cotisations d'assurance-grêle pour les fruits et 10 % seulement pour la vigne et les cultures maraîchères⁹⁸.

En 1991, le FNGCA décide l'arrêt des incitations nationale et complémentaire à l'assurance-grêle.

La raison officiellement avancée par le FNGCA pour expliquer ce désengagement est qu'il "est apparu aux pouvoirs publics que cette subvention n'avait plus d'action incitatrice puisque, depuis de nombreuses années, le pourcentage d'assurés "grêle" restait stable". C'est l'invariable réponse donnée aux députés intervenus à l'Assemblée Nationale ou au Sénat en demandant des explications sur la suppression de l'incitation nationale à l'assurance-grêle. Cependant, François Rochebloine⁹⁹, député de la Loire, s'appuyant sur une remarque de la Cour des comptes relève "qu'aucune analyse en profondeur n'avait été faite de la stagnation de l'assurance-grêle qui aurait justifié la suppression de ces aides". Sans entrer dans une "analyse en profondeur", on peut simplement constater que le nombre de contrats-grêle couvrait 29 % des exploitations en 1988, 29,5 % en 1990, 33,1 % en 1993 et 32 % en 1996 (tableau 53 ci-dessus). La baisse de la couverture des exploitations s'est faite non pas avant la suppression de l'incitation mais après. Le nombre de contrats d'assurance souscrits diminue plus rapidement que le nombre des exploitations à partir de 1993 lorsque l'incitation n'existe plus et que les taux de cotisation de l'assurance commencent à augmenter suite aux mauvais résultats des années 1992 et 1993.

En fait, il semble que la politique de l'Etat soit de délaissier les risques assurables pour concentrer les aides sur les risques non assurables dont l'indemnisation est critiquée (Graux E., 1990) pour sa lenteur et son peu d'efficacité. Pour la sécheresse de 1989/1990, les indemnisations n'ont parfois été versées que dix-huit mois après la constatation des dommages. La dispersion fait que le montant des subventions attribuées par exploitation est en général faible. Le nombre de dossiers est tel que l'aide se résume à un saupoudrage. On reproche enfin aux aides d'aller aux agriculteurs les moins performants, ceux qui n'ont pas fait d'efforts d'équipement d'irrigation par exemple.

La suppression de l'incitation à l'assurance-grêle est un des éléments majeurs de la crise des années 1990. Pour les arboriculteurs, c'est un apport financier substantiel (un

⁹⁸ Décret N° 90-814 du 11 septembre 1990. JOAN du 15 septembre 1990.

⁹⁹ Question à l'Assemblée Nationale du 5 juillet 1993 n° 3200. JOAN du 13 septembre 1993 p.2923.

quart du coût de l'assurance) qui se tarit à un moment où, nous l'avons vu, ils connaissent déjà d'autres difficultés. Le coût réel de l'assurance augmente d'autant. L'interruption de l'aide de l'État est un élément de déséquilibre du système de gestion du risque-grêle. Elle introduit une rupture dans le système et met face à face agriculteurs et assureurs. Les pouvoirs publics n'assurent plus une fonction de tampon entre les deux acteurs majeurs du risque-grêle. Les arboriculteurs ont le sentiment plus ou moins diffus et plus ou moins justifié de n'avoir plus aucun soutien face à l'assurance.

2.2.2- La concurrence entre les assureurs

Dès 1972, le rapport Léger dénonçait la concurrence qui existe depuis longtemps dans l'assurance. Ce n'est pas la concurrence en soit qui est blâmée mais la véritable guerre économique que se livrent les assureurs pour capter un marché en pleine expansion. Dans les années 1980, les marchés traditionnels de l'assurance-dommage sont presque saturés (Duval G., 1994). L'assurance-grêle, qui se développe encore, notamment sur les fruits, est un bon produit d'appel pour fidéliser la clientèle agricole. Des sociétés ont pris des gros contrats en baissant les cotisations. Cela contribue à augmenter le risque car "en assurance-grêle, le prix de gros est un non-sens. La concentration est une aggravation" (Léger et alii, 1972, p. 36). L'hypothèse est que la trop forte concurrence maintient les taux de cotisation sous-évalués. Le risque n'est pas payé à son véritable coût. Cela favorise l'antisélection c'est-à-dire l'afflux de "mauvais" risques.

Y a-t-il eu sous-évaluation des taux de cotisation par rapport au taux de sinistralité avant 1993, date à partir de laquelle les taux de cotisation remontent brutalement ? En d'autres termes, le risque-grêle était-il sous-tarifé avant cette date ? Évidemment, cet aspect est difficile à mettre en évidence. Nous ne disposons pas de toutes les données concernant les taux de cotisation. De plus, les politiques commerciales des différentes compagnies d'assurance peuvent se compenser (certaines sous-tarifant, d'autres sur-tarifant) ou converger selon les régions et les types de cultures (fruits ou céréales).

La forte concurrence exacerbe les tensions entre les compagnies d'assurance, spécialement entre les deux grands pôles que sont les sociétés de l'APSAD et Groupama qui rassemblent chacun 50 % du marché de l'assurance-grêle. Elle ne favorise pas la répartition des risques, le partage des grosses concentrations spatiales de capitaux qui constitue l'un des modes d'atténuation du risque financier en cas de chute de grêle (voir chapitre 7).

Depuis 1971, chaque année et pour chaque département sont diffusés aux caisses régionales Groupama les taux planchers (chapitre 6 conclusion) pour la 1^{ère} et la 4^{ème}

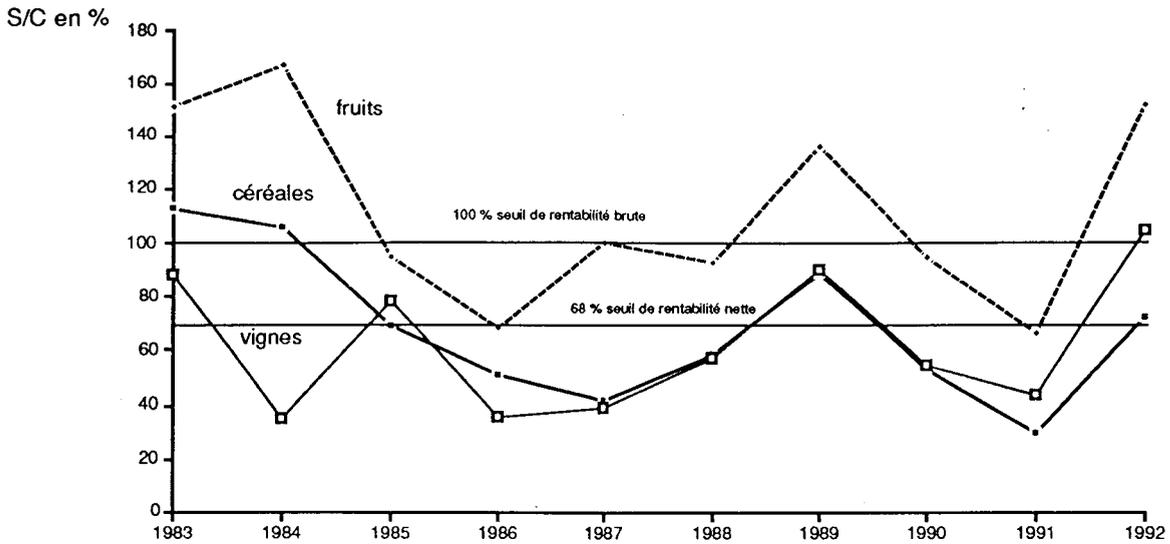
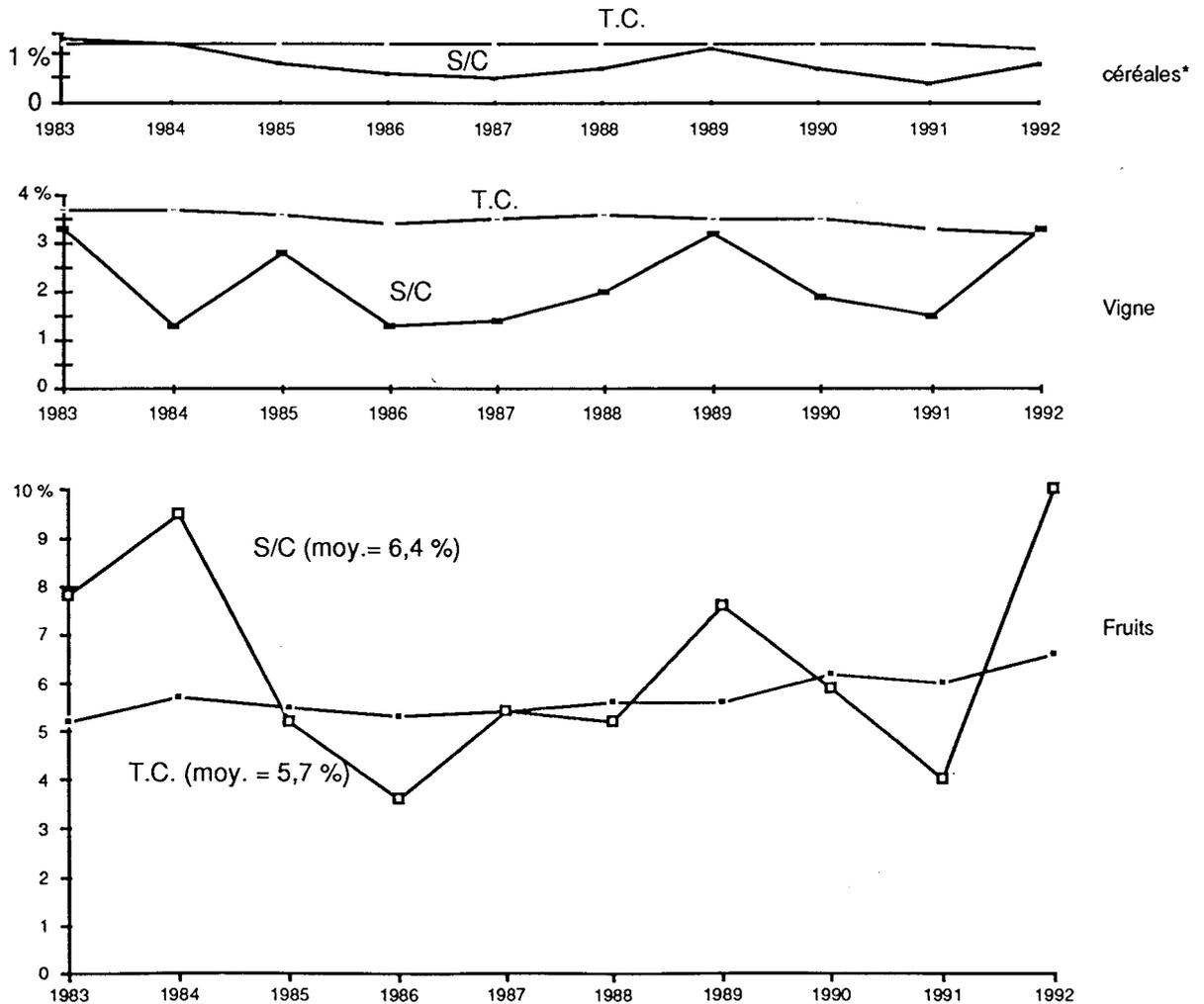


Fig. 51 - La sinistralité-grêle dans les années 1980 par type de culture



Le S/C national représente le rapport des indemnités payées sur les capitaux assurés)
 T.C. = taux de cotisation moyen national (en % du capital assuré)

* céréales = classes 1 à 3 : blé, orge, maïs, oléagineux et protéagineux sauf colza

Source : APSAD / CDIA. Échantillon : 85 % du marché APSAD soit 40 à 45 % du marché de l'assurance-grêle en France. Les taux ont été calculés sur la France entière. Il est évident qu'il existe de fortes variations entre les départements et même les cantons dont nous n'avons pas connaissance. source : Apsad/CDIA, 1993

Fig. 52 - La sous-tarifcation du risque-grêle sur fruits avant la crise des années 1990

classe. Ces taux étaient déterminés à l'issue d'une rencontre avec l'APSAD afin de retenir une base statistique aussi large que possible. Or, de 1991 à 1993, les réunions entre l'APSAD et Groupama avaient été supprimées. Elles ont repris en 1994. Face aux mauvais résultats grêle 1994, les échanges d'informations sur les taux de primes pures se sont poursuivis en 1995 pour toutes les classes. En 1994, au coeur de la crise, le CDIA (contrôlé par l'APSAD) refusait de diffuser les résultats de l'assurance-grêle. Les quelques informations disponibles au niveau national avant cette date (figure 51) montrent que le risque sur fruit est sous-tarifé puisque le S/C se situe dans les années 1980 à plus de 100 % et donc largement au-dessus des 68 % du seuil de rentabilité nette. La comparaison entre les sinistres (S/C) et les taux de cotisation (T.C.) confirme cette sous-tarification des fruits (figure 52). Ce sont bien, dans les années 1980, les branches "céréales" et "vigne" qui compensent les pertes sur la branche "fruits". La concurrence et l'absence de gros sinistres ont maintenu cet état de fait jusqu'à ce que les fortes chutes de grêle de 1992 à 1994 obligent les assureurs à réagir.

3- L'entropie grandissante

Nous avons vu que la cohérence du système était assurée par les deux liants, les deux ciments que sont l'information et l'argent. La bonne santé du système est étroitement dépendante de la bonne circulation de l'information et de l'équilibre des flux financiers. Le début des années 1990 a été marqué par une diminution de la circulation de l'information.

3.1- La baisse de la circulation de l'information

3.1.1- Une opacité traditionnelle renforcée en période de crise

La diversité des modes de prévention de la grêle, leur mise en concurrence, le nombre élevé de sociétés pratiquant l'assurance-grêle expliquent l'opacité traditionnelle du système de gestion du risque-grêle en France. En période de faible sinistralité-grêle, le système peut s'accommoder d'une transparence relative et d'échanges d'informations partiels entre les acteurs du système. En période de crise, la rétention de l'information est à la mesure des enjeux. Les différents acteurs rechignent à diffuser les informations concernant le risque-grêle.

Nous avons vu que la concurrence féroce bloque les échanges d'information entre les assureurs. Est gelée évidemment la publication des résultats techniques et

commerciaux des assureurs vers l'extérieur. Le CDIA n'a plus diffusé d'information concernant le risque-grêle à partir de 1994. Ces crispations internes au monde de l'assurance se doublent de conflits plus ou moins ouverts entre les différents acteurs de la gestion du risque-grêle. Les assureurs critiquent les associations pratiquant la lutte active dans le Sud-Ouest (ACMG et ANELFA). Cette hostilité s'explique par leur concurrence dans l'obtention des subventions des conseils généraux. Les tests de fiabilité des méthodes de lutte étaient validés à partir des données de l'assurance (Dessens J., 1986). L'arrêt de la diffusion des résultats techniques de l'assurance a conduit l'ANELFA à accélérer son programme d'équipement en grêlimètres. Il faut souligner la transparence des associations de lutte active qui diffusent largement leur information. En revanche, les sociétés commerciales diffusant des fusées anti-grêle (Ruggieri) sont avares d'information si bien qu'il est difficile d'avoir une idée du nombre et de la répartition géographique des agriculteurs pratiquant ce type de protection.

Les perturbations dans la circulation de l'information sont au coeur des crises et souvent annocateurs ou révélateurs de désordres. Iskra Dandolova (1990) souligne que "le risque est de ne pas prendre de risque par la diffusion de l'information, c'est-à-dire de cacher une information objective sur l'espace social. Par cette politique, non seulement les faits ne s'améliorent pas, ne se stabilisent pas mais au contraire deviennent plus nocifs. On connaît l'effet de la désinformation qui, par une déformation de la réalité mène à une crise" (p. 100). Le système "grêle" ne déroge pas à la règle. L'absence d'information est destructurante pour le système. Une boucle de rétroaction positive aggrave les difficultés de la gestion du risque. En période de crise, la variabilité du phénomène naturel (risque-agent) dérègle les repères que les hommes s'étaient forgés. Le risque est moins lisible et sa gestion rendue plus difficile. Or, plus la gestion du risque est périlleuse, plus les acteurs de cette gestion ont tendance à se replier sur eux-mêmes. L'information circule moins, ce qui accroît les difficultés de la gestion du risque.

De toute évidence, c'est dans les périodes de crise que la circulation de l'information est la plus nécessaire, afin de compenser les incertitudes nées de la variabilité du phénomène naturel qui injecte de l'entropie dans le système. C'est dans les périodes de crise qu'elle est le plus difficile, au moins pour le risque-grêle.

3.1.2- Une forte demande d'information

La gestion des catastrophes et des périodes de crises (J.P. Gout, 1993 ; voir aussi les travaux de F. Pagny à propos des crises cycloniques dans les Antilles) exige une bonne circulation de l'information : coordination entre les services de prévision et les secours, information et sensibilisation des populations concernées... Il faut bien

reconnaître que, pour le risque-grêle, ce travail de préparation à une crise éventuelle faisait défaut. Dans l'urgence de la crise, la demande d'information s'est faite pressante : elle émanait des arboriculteurs, les premiers concernés par le risque-grêle mais aussi de l'État qui a diligenté des enquêtes (menées par l'ONIFLHOR et le GREF) ce qui en dit long *a posteriori* sur le désintéret de l'État envers les risques assurables. Pour gérer le risque et sa recrudescence, les agriculteurs avaient besoin d'informations : comment contenir les coûts de l'assurance ? Quels sont les types de prévention possibles ? Quels sont les plus efficaces, les mieux adaptés ? Dans l'urgence, la FNPF a entrepris des enquêtes¹⁰⁰ auprès de ses adhérents pour mieux cerner les conditions d'assurance, les modes de gestion du risque, la rentabilité des filets paragrêle... Cette recherche d'information a permis en partie de mieux conseiller les agriculteurs dans la gestion du risque. Elle est la condition nécessaire d'une gestion raisonnée du risque-grêle.

3.2- Les dérèglements financiers lors de la crise des années 1992-1995

Au même titre que la circulation de l'information, celle des masses financières est essentielle au bon fonctionnement du système "grêle". La crise du début des années 1990 connut des désordres financiers, des dérèglements des flux financiers aux conséquences destructurantes (figure 53).

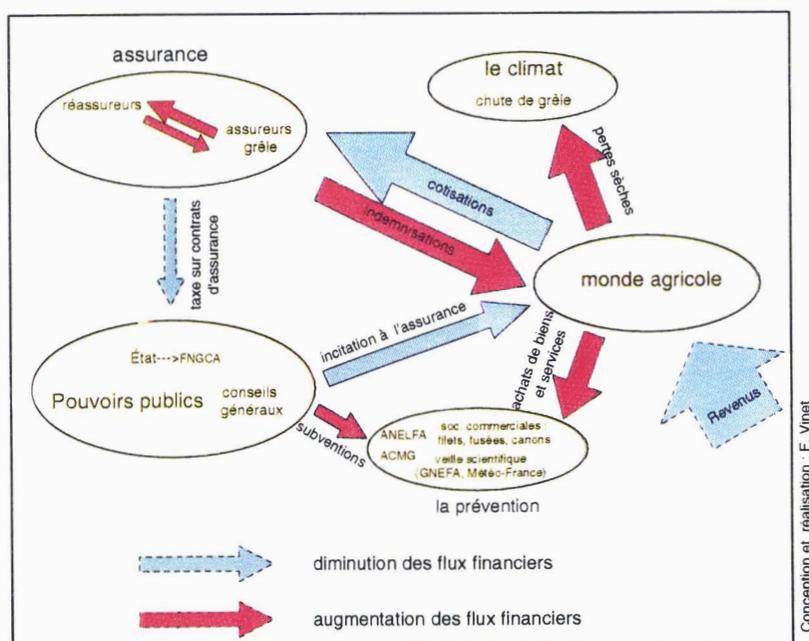


Fig. 53 - Les flux financiers du système "grêle" dans la crise des années 1992-1995

¹⁰⁰ Il s'agit d'une enquête FNPF-ONIFLHOR, 1996, non publiée, mais que nous avons pu consulter

Comme pour la circulation de l'information, ces dérèglements financiers obéissent à des processus d'auto-amplification qui rendent difficile l'identification des causes et des conséquences. Chaque changement de destination ou de volume d'un flux financier est à la fois une conséquence de la crise et cause de nouveaux dérèglements. On retrouve là les difficultés d'une interprétation causale classique (une cause ---> un effet) d'une crise dans un modèle systémique. Toutefois les modifications des flux financiers peuvent être regroupés en trois types (figure 53) : l'augmentation des pertes (flux sortants), la diminution des flux entrants et les dérèglements internes.

3.2.1- L'augmentation des pertes

La période de crise fut marquée par une augmentation des flux financiers sortants suite à l'augmentation exceptionnelle des pertes financières dues aux chutes de grêle. Ces pertes sont le double d'une année moyenne. Nous avons estimé (voir chapitre 6) le montant total des pertes agricoles dues à la grêle en 1993 (année la plus touchée) à 6 milliards de francs, dont un peu plus de deux milliards supportés par les assureurs et le reste directement par les agriculteurs. En 1996, les pertes ont à peine atteint deux milliards de francs. Il faut ajouter à ces pertes sèches dues à la grêle, les pertes des assureurs consécutives aux catastrophes naturelles et technologiques que nous avons déjà évoquées.

3.2.2- La baisse des intrants financiers

A l'inverse, les flux d'argent entrant dans le système de gestion du risque-grêle et assurant habituellement son équilibre se sont taris ou ont diminué. Après dix ans de hausse ininterrompue (en francs constants), les encaissements des assureurs-grêle diminuent à partir de 1991. L'amorce de la baisse est d'ailleurs antérieure aux années fortement grêlifères. Elle a été accentuée par la crise, par l'augmentation parfois dissuasive des tarifs d'assurance et par la baisse de la solvabilité des arboriculteurs. Le montant des cotisations encaissées par les assureurs est passé de 1 620 millions de francs en 1990 (année du maximum) à 1 298 millions en 1996 (en francs constants 1996).

L'autre source majeure d'entropie financière fut l'arrêt des subventions nationales à l'assurance-grêle entre 1991 et 1994. Les montants, certes modestes (de l'ordre de quelques dizaines de millions de francs) au regard des sommes gérées par les assureurs, étaient une façon pour l'État de soutenir le système. En fait, il semble que plus que le montant des sommes versées par l'État, c'est l'aspect symbolique de la participation de l'État au système et à la redistribution des flux financiers qui paraît essentielle.

3.2.3- Les dérèglements internes

3.2.3.1- La faillite des circuits de redistribution

La nature de l'intervention de l'État dans le système de gestion du risque-grêle est discutable et nous aurons l'occasion de revenir sur ce point. Le rôle de redistribution financière garantissant partiellement l'équilibre interne du système de gestion du risque-grêle paraît indiscutable et l'arrêt de l'incitation à l'assurance-grêle a eu, de toute évidence, un rôle aggravant dans la crise de 1992/1995. Il participe d'une diminution des flux financiers internes.

3.2.3.2- Les transferts

Dans la désorganisation financière, qui peut devenir une réorganisation financière du système, on observe des transferts financiers, en particulier de l'assurance vers d'autres modes de prévention. Ces transferts sont difficiles à quantifier sauf pour les subventions publiques qui ont favorisé les filets paragrêle et parfois la lutte active. Nous reviendrons sur le cas des filets qui marque une nouvelle orientation dans la gestion du risque-grêle. En termes financiers, les subventions aux filets paragrêle se chiffrent en millions de francs.

Conclusion

* Causalité et complexité

Sans prétendre à l'exhaustivité, cette étude met en lumière **plusieurs caractéristiques fondamentales du comportement du système "grêle" face à une crise majeure** (figure 54).

- La complexité des phénomènes et la difficulté d'établir une hiérarchie et une chronologie linéaire des causes de la crise,

- Les temps de réponse qui ne sont pas les mêmes pour chaque acteur ni à chaque échelle spatiale. La demande des arboriculteurs est immédiate, mais les acteurs nationaux (Etat, organisations professionnelles...) ne peuvent réagir et proposer des solutions que dans les moyen et long termes,

- La multiplicité des mécanismes entropiques et boucles de rétroaction positive et déstructurante,

- La conjonction d'une évolution de longue durée propre au monde agricole et de causes immédiates, plus ou moins fortuites, liées à la conjoncture économique et à l'incomplète adaptation de l'assurance aux nouvelles conditions de l'agriculture,

- L'influence déterminante des facteurs externes au système "grêle" proprement dit,

- L'absence quasi totale d'anticipation, de simulation et de préparation d'une crise, en fait, l'inexistence d'une gestion prospective globale du risque-grêle, ce qui n'empêche pas bien sûr les assureurs ou chaque autre acteur de pratiquer en interne ce type de gestion.

Ces deux dernières observations sont caractéristiques des systèmes que nous avons appelés "à structure faible". Dans le système de gestion du risque-grêle, il n'y a pas à proprement parler de gestion globale des problèmes, le système est plutôt dérivant, ce qui explique qu'il soit fortement influencé par les facteurs externes (figure 54).

* Une crise à forte composante géographique

La concentration toujours plus grande des capitaux, la spécialisation des régions méridionales dans les cultures fragiles prouvent que les mutations géographiques qui ont accompagné la mutation de l'agriculture française sont une des causes profondes de la crise. Cette **concentration géographique du risque-objet** est d'autant plus grave qu'il s'agit d'une tendance lourde **difficilement contrôlable**. De plus, cette tendance est sans doute appelée à se poursuivre si le modèle actuel de développement de l'agriculture se maintient. la concentration du risque-objet laisse présager d'autres

problèmes lorsque le risque-agent (grêle mais aussi gel) se manifestera de nouveau de façon intense.

* Facteurs économiques et sociaux

La figure 54 montre la **polarisation des problèmes sur le binôme assurance-arboriculture**. La crise peut être interprétée en premier lieu comme une réaction de l'assurance-grêle à la montée des vergers. La concentration des capitaux assurés entraînait des risques insupportables pour les assureurs. L'évolution de l'agriculture, par l'augmentation des capitaux, par le besoin toujours plus fort de sécurité, a créé les conditions d'inassurabilité du risque-grêle sur certains vergers.

* Le rôle du climat

Somme toute, il apparaît que les facteurs socio-économiques sont déterminants dans les causes profondes de la crise et dans l'amplification de la crise. Quid du rôle du climat dans cette crise ? Tout d'abord, on ne peut expliquer la crise du système "grêle" sans faire référence au contexte climatique défavorable qui prévalut au début des années 90. En effet, la conjonction de nombreuses calamités climatiques a fragilisé les différents acteurs du système (figure 54) : que ce soit le gel de 1991 pour les arboriculteurs, la sécheresse de 1989-1990 qui mit à mal les réserves du FNGCA ou les catastrophes naturelles à répétition qui ont coûté très cher aux réassureurs. Outre ce contexte climatique défavorable, on peut s'interroger sur le rôle des fortes chutes de grêle dans le déclenchement de la crise des années 1992-1995. Les désordres au sein du système "grêle" auraient-ils eu lieu si les années concernées (1992 à 1995) avaient été peu grêlifères ? Peut-être, sous une forme plus feutrée... En fait, **il est probable que les problèmes auraient été repoussés jusqu'à ce qu'une recrudescence des chutes de grêle rende l'aggiornamento nécessaire**. Les chutes de grêle plus nombreuses furent un élément déclencheur de la crise ; c'est la cause première et nécessaire qui oblige l'homme à changer ses repères, à remettre toujours en cause ses attitudes face au risque naturel mais on ne peut affirmer qu'il s'agit d'une cause suffisante. Il est difficile de dire si, dans un contexte socio-économique favorable, les mêmes chutes de grêle auraient déclenché de tels bouleversements dans la gestion du risque-grêle.

* Mécanismes de crise

Paradoxalement, ce sont des blocages qui désordonnent le système et empêchent son évolution. Par analogie thermodynamique, on pourrait dire que la diminution des

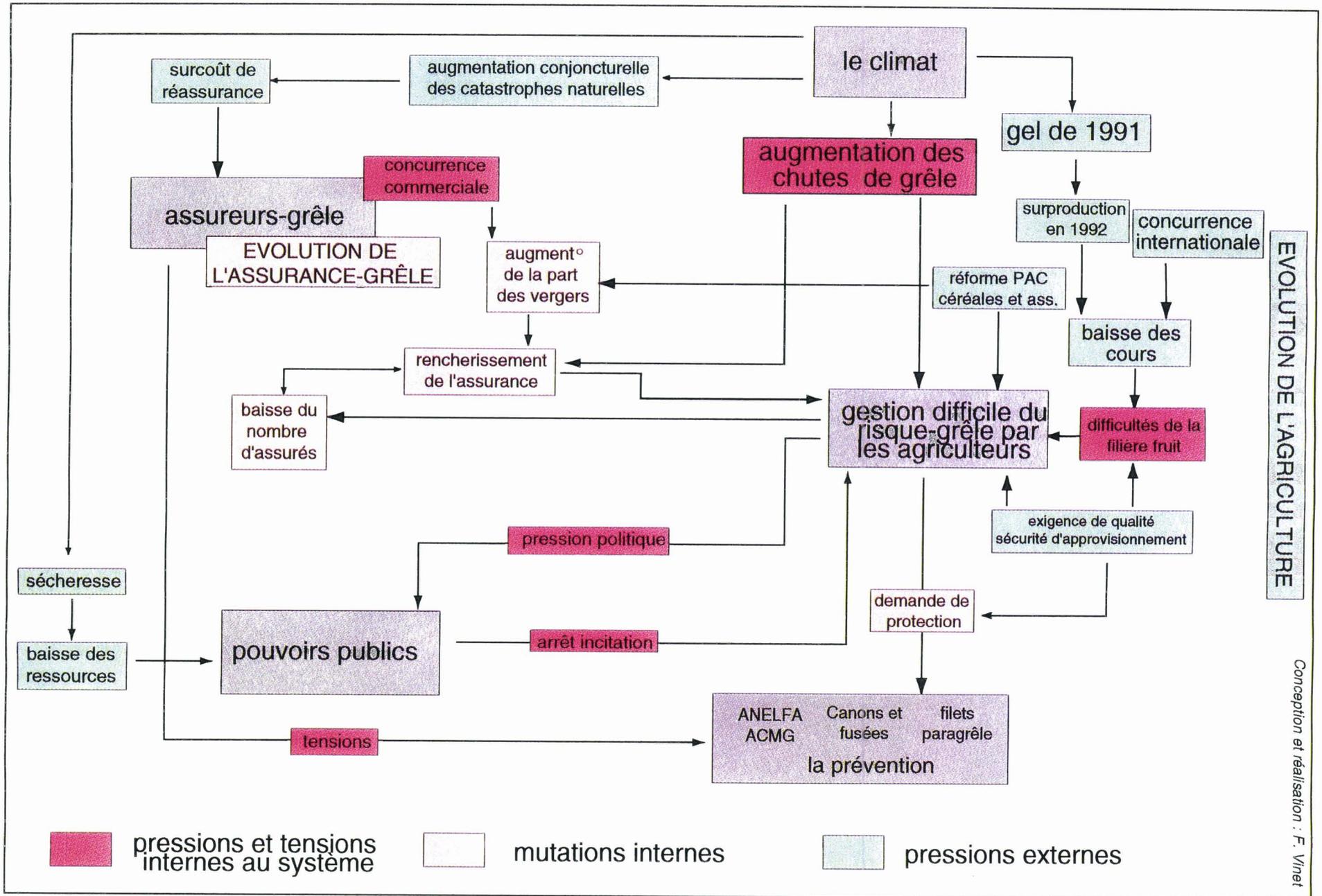


Fig. 54 - Le système de gestion du risque-grêle dans la crise

apports d'énergie au système s'est traduite par son effondrement ou au moins son affaiblissement. L'énergie (sous forme de flux financiers ou informatifs) s'est reportée dans les sous-systèmes à la survie desquels elle contribue. En phase de crise, les différents acteurs privilégient leur survie à celle du système (figure 55). C'est la logique interne qui prévaut avant celle du supra-système plus lointain, plus informel. La cohérence interne de chacun des sous-systèmes prime sur la solidarité globale du système de gestion du système "grêle". Dans la crise du système "grêle", les différents acteurs ont, de manière tout à fait compréhensible, privilégié leurs intérêts : rétablissement de l'équilibre des comptes (donc augmentation brutale des tarifs) pour les assureurs, économie pour l'État (arrêt des subventions), recherche d'aides pour les arboriculteurs... Ces réflexes "corporatistes" ont parfois amplifié les effets de la crise ; ce n'est que dans un second temps que la réflexion s'est portée sur les solutions de fond.

La loi systémique dite des oligopoles (Von Bertalanffy L., 1973) "affirme que si des organisations sont en compétition, l'instabilité de leurs relations et donc le danger de friction et de conflits varient dans le sens inverse de celui du nombre de ces organisations" (p.46). Cette loi se vérifie tout à fait dans le cas du système "grêle". La crise de 1992-1995 correspond à une période de déséquilibre où les enjeux et les conflits se focalisent sur deux acteurs : assureurs et arboriculteurs. Le rôle en retrait de l'État n'est pas fait pour améliorer le fonctionnement et la pérennité du système. Pour que le système fonctionne, il faut un équilibre sur au moins trois éléments sinon l'on évolue vers le rapport de force dual. D'ailleurs une des solutions à la crise fut de sortir de ce duel par l'émergence de nouveaux modes de gestion du risque-grêle (prévention, filets), par le rétablissement du rôle de l'État et l'amélioration de la conjoncture économique.

Dans ce contexte, l'augmentation de la sinistralité-grêle a entraîné des réactions parfois brutales des assureurs elles-mêmes suivies de contre-réactions de la part des arboriculteurs. Comment la crise s'est-elle résorbée ? La baisse de la sinistralité en 1995 et 1996 a-t-elle suffi à rétablir les équilibres dans le système de gestion du risque-grêle ? La crise du début des années 1990 a-t-elle laissé des traces durables dans la gestion du risque ?

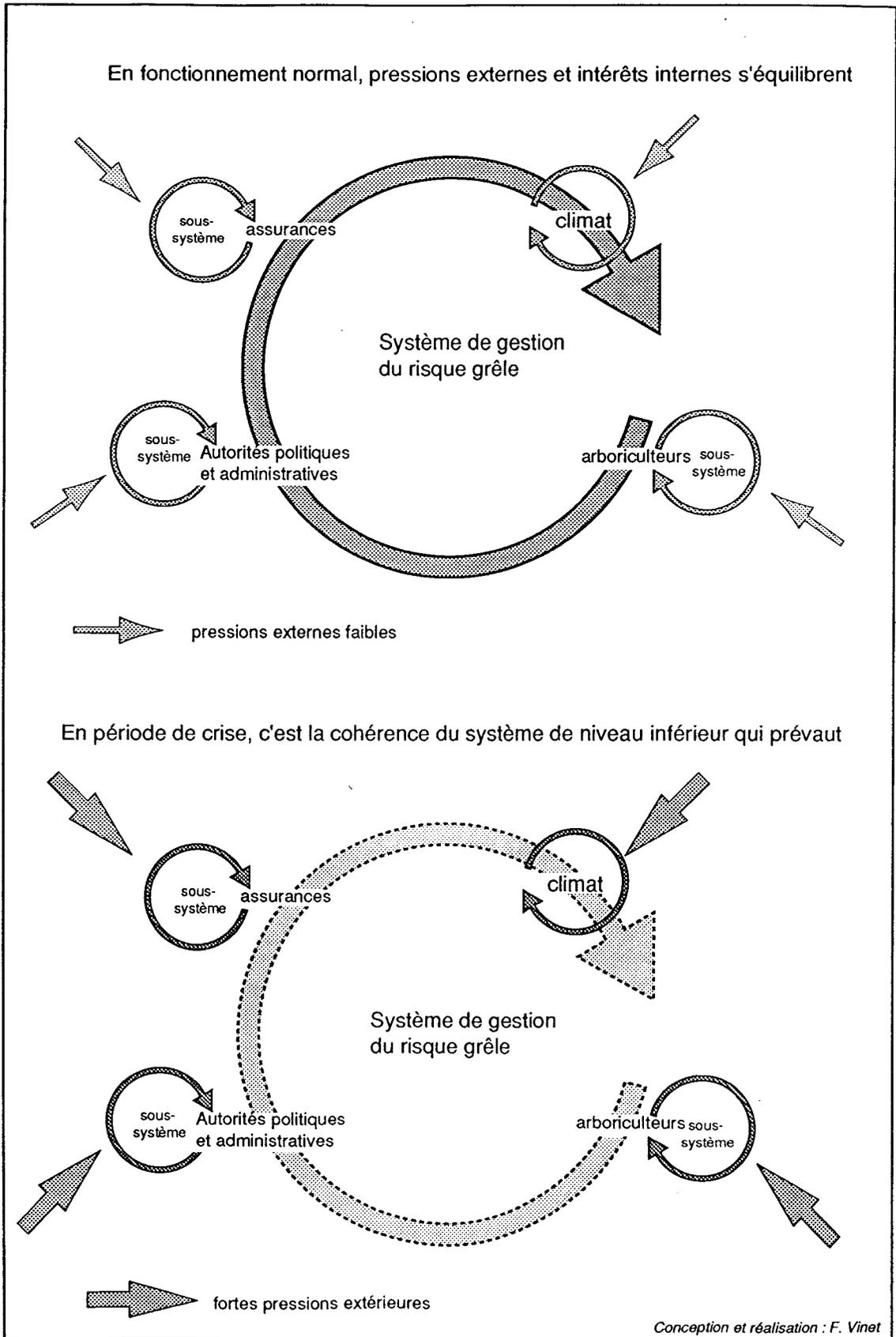


Fig. 55 - La désolidarisation du système "grêle" sous l'effet des pressions externes

Chapitre 9

La sortie de la crise : vers de nouveaux modes de gestion du risque

- 1- Gestion du risque et di-gestion de la crise
- 2- Un nouveau mode de gestion du risque : les filets paragrêle
- 3- Le système de gestion du risque-grêle : adaptation et évolution permanente

Chapitre 9

La sortie de la crise : vers de nouveaux modes de gestion du risque

Introduction

L. Faugères (1990) prend bien garde de distinguer la gestion de la crise de la gestion du risque. La gestion d'une crise revêt parfois un caractère d'urgence même si, nous l'avons vu, la crise-grêle s'est étalée sur plusieurs années sans se focaliser sur tel ou tel événement d'ampleur nationale. Comme le souligne E.M. Moustafa (1990), il y a deux phases dans une crise. La première phase est liée aux causes directes c'est-à-dire, pour le cas qui nous concerne, la recrudescence des chutes de grêle, l'accumulation de sinistres. C'est cette phase qui fait du risque-grêle un risque d'origine naturelle. L'agent premier, le déclencheur de la crise, est bien naturel.

La deuxième phase de la crise, plus longue et difficile à résorber, résulte des désordres engendrés par les premières réactions spontanées, non-concertées face à la brutale recrudescence des chutes de grêle. Les conséquences de ces événements sont néfastes pour le système de gestion du risque et, par des boucles de rétroaction positives dont nous avons montré les mécanismes dans le chapitre précédent, elles augmentent l'entropie au sein du système. La gestion de la crise consiste donc dans un premier temps "à interrompre l'escalade" en coupant les boucles de rétroaction déstructurantes, puis à rendre le système de nouveau opérationnel par de nouvelles sorties contrôlées.

C'est un peu ce distinguo qu'opère P. Péguy (1988) entre stratégie et tactique des acteurs socio-économiques face au climat. La stratégie, c'est "une suite logique de décisions impliquant la détermination d'un objectif et la connaissance des conditions auxquelles le sujet estime que sa réalisation se trouve subordonnée" (p. 195). La tactique est "l'adaptation au jour le jour de cette stratégie en fonction de phénomènes conjoncturels" (p. 195). On pourrait aller plus loin en ajoutant que la "tactique" peut pallier pour un temps l'absence de stratégie. Ainsi, dans la résorption de la crise-grêle, on a l'impression qu'à une phase tactique orchestrée chacun de leur côté par les différents acteurs du système a succédé une phase de reprise en main et de définition de stratégies à long terme. Ce mouvement est particulièrement net pour les arboriculteurs.

Dans ce chapitre qui traite des solutions à la crise et de l'avenir du système de gestion du risque-grêle, nous verrons dans un premier temps quelles ont été les premières **réponses des différents acteurs face à la crise** et quelles ont été les conditions qui ont permis sa résorption (partielle et momentanée ?).

Mais comme l'affirme L. Faugères (1995), " Les réseaux, le système dans son ensemble, ne sont jamais reconstitués à l'identique après la rupture, la phase de dérèglement" (p.119). Toute crise laisse des traces indélébiles dans un système. L'une des conséquences les plus visibles de cette crise est la diffusion rapide des **filets paragrêle** sur les vergers. Nous nous interrogerons sur la signification de ce **nouveau mode de gestion**. Est-ce une mode ? Est-ce un outil de gestion conjoncturel destiné à remplacer l'assurance-grêle devenue (pour un temps ?) trop chère ou est-ce un nouveau mode de gestion du risque qui répond à des besoins que l'assurance-grêle ne saurait remplir ? Leur développement récent est-il une réponse à la crise-grêle ou était-il de toute façon inéluctable ?

Enfin, nous essaierons d'envisager **l'avenir de la gestion du risque-grêle** en mettant l'accent sur les acquis et les insuffisances du système et en établissant quelques comparaisons rapides avec d'autres types de risques climatiques agricoles. Les évolutions récentes et à venir dans la gestion du risque-grêle invitent à une réflexion plus large sur les **rapports climat/société**. Car les réponses à la gestion du risque et des crises ne sont pas que techniques ; elles sont économiques (gestion des externalités), sociales voire comportementales (recherche de toujours plus de sécurité), politiques (rôle de l'État) et spatiales (répartition spatiale des risques).

1- Gestion du risque et di-gestion de la crise

La fin des difficultés, la di-gestion de la crise s'est effectuée de deux manières : tout d'abord par le rétablissement de conditions externes au système grêle plus favorables mais aussi par des réaménagements et des innovations internes au système. De façon plus ou moins contrôlée, les agriculteurs se sont tournés vers d'autres modes de gestion du risque, d'autres modes de protection. Au fur et à mesure, les réactions à la crise se sont structurées sous l'impulsion des agriculteurs et de leurs organisations (syndicats, coopératives...), des assureurs et des collectivités locales (figure 56).

Dans la dialectique *crise/risque*, chaque moment est unique, chaque crise est inscrite dans un contexte historique spécifique. En systémique, l'histoire ne se répète pas. Si, comme l'affirme L. Faugères (1990), "l'achèvement de la crise ouvre la voie à un retour du système à un fonctionnement plus ou moins proche de l'équilibre antérieur" (p.53). Chaque crise induit des changements durables dans la gestion du risque tout

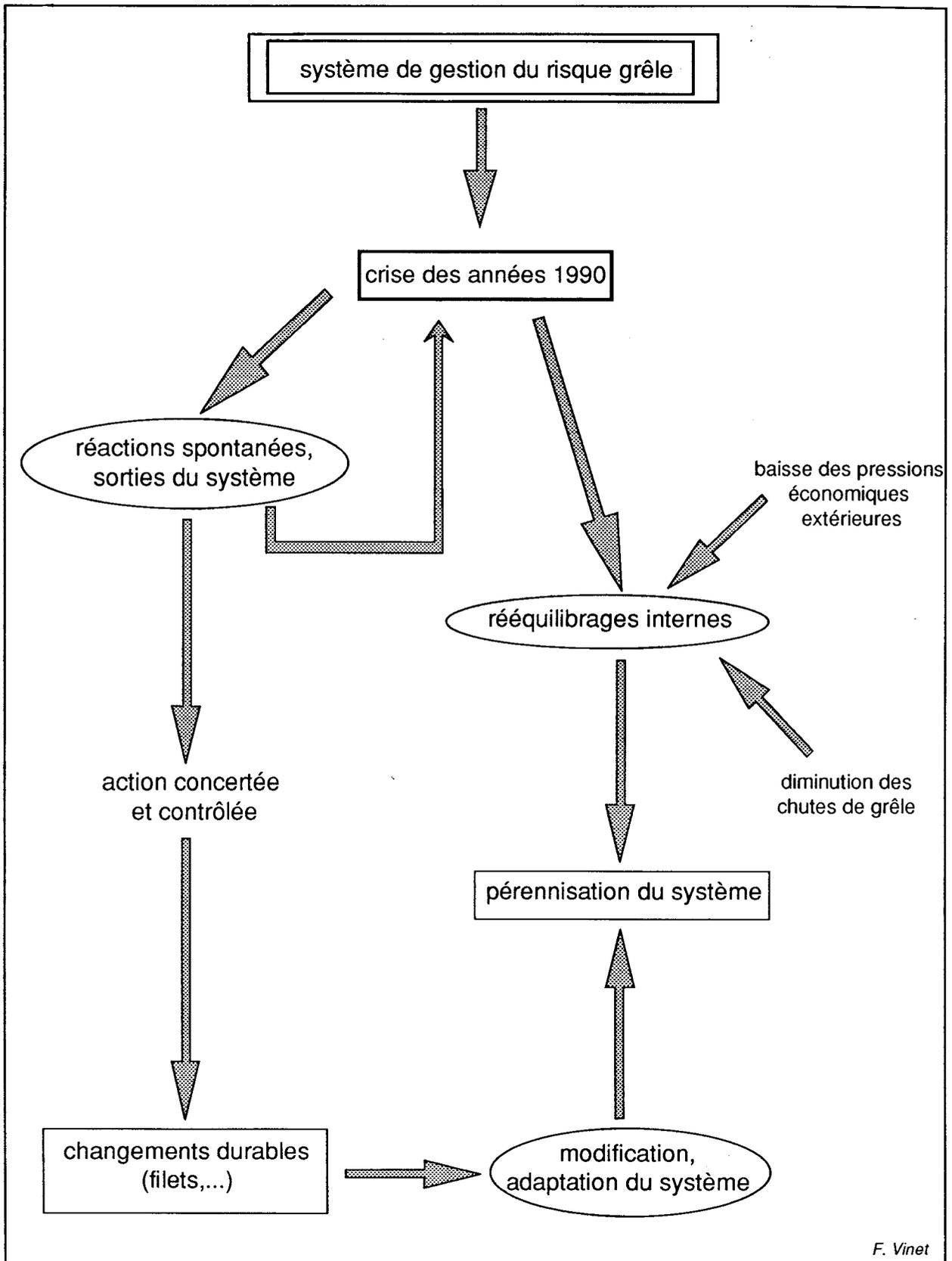


Fig. 56 - Les sorties de la crise

simplement parce que la crise en elle-même marque¹⁰¹ un échec du système donc la nécessité d'un *aggiornamento*.

1.1- La baisse des pressions extérieures

Dans un système aussi ouvert et dépendant des conditions extérieures que le système "grêle", la fin de la crise requiert une baisse des pressions externes. Ces pressions s'exerçaient indépendamment sur les différents acteurs du système provoquant des réflexes de défense de la part de ces derniers. On a vu que ces pressions extérieures en grande partie conjoncturelles, ont joué un rôle prédominant dans l'accélération des processus entropiques au sein du système. Seule la diminution de ces pressions a permis ensuite aux acteurs du système de gestion du risque-grêle de passer à la deuxième phase de di-gestion de la crise, celle des actions contrôlées, stratégiques (au sens donné par Ch. P. Péguy).

1.1.1- Une diminution des chutes de grêle

Depuis 1995, les chutes de grêle se sont raréfiées et les années 1995, 1996 et 1997 ont été calmes. En 1995, le S/C (tous assureurs confondus) fut de 44 % et de 47 % en 1996. Les fréquences de chutes de grêle mesurées par les réseaux grêlimétriques confirment ces chiffres. Il est bien évident que cette accalmie climatique est passagère mais elle a permis aux assureurs de refaire des bénéfices annuels sur la branche grêle et de compenser partiellement les pertes enregistrées lors des années précédentes. La baisse de la sinistralité grêle n'est cependant pas générale et quelques départements comme la Drôme ont subi de graves dégâts en 1996.

De même, les grandes catastrophes naturelles qui avaient assombri les comptes des réassureurs internationaux au début des années 1990 se sont faites plus rares depuis le milieu de la décennie. La pression des réassureurs sur les assureurs s'est donc allégée.

1.1.2- Une relative amélioration de la solvabilité des agriculteurs

Depuis quelques années, les cours mondiaux des produits agricoles se sont maintenus à un niveau relativement élevé, ce qui a maintenu la solvabilité de certains agriculteurs (céréales et grandes cultures). En France, l'augmentation globale des revenus a été forte pour les viticulteurs en 1997. Elle a été de 5% pour les arboriculteurs et de 4 %

¹⁰¹ Voir la signification des crises en systémique : chapitre 7

pour l'horticulture et les producteurs de légumes. Toutefois, les cours (notamment ceux de la pomme) n'ont pas récupéré leurs niveaux d'avant 1992. 1998 s'annonce difficile pour les producteurs de pommes. Le gel printanier, récurrent depuis quelques années, pose des problèmes à de nombreux arboriculteurs. Même si la solvabilité des arboriculteurs laisse augurer quelque réinjection d'argent dans le système, la santé de la filière fruit est encore fragile. De nouvelles calamités climatiques seraient dévastatrices, c'est pourquoi il est important de s'interroger sur les moyens d'intégrer la gestion des risques climatiques dans le développement durable de l'agriculture.

1.2- Les rééquilibrages internes

1.2.1- L'assainissement de l'assurance

1.2.1.1- La réaction des assureurs

La première réaction des assureurs face à la recrudescence des chutes de grêle fut de revoir de façon drastique les conditions d'assurance :

- augmentation des cotisations,
- augmentation des franchises,
- plafonnement des capitaux assurés par hectare (en général 100 000 francs),
- nouvelles conditions d'expertise (formation des experts Groupama entre mars et juin 1995).

Comme nous l'avons vu, les interventions parlementaires se sont fait le relais des arboriculteurs et témoignent de la colère et du désarroi de ces derniers face aux augmentations de tarifs. Par exemple, celle de Pierre Garmendia, député de Gironde, qui affirme que "nombreux sont ceux qui ne sont plus assurés du fait de la rupture du contrat par leur assureur, ou qui subissent des taux de prime prohibitifs, variant entre 12 et 18 % du capital assuré". (question à l'Assemblée Nationale n°24416-20 février 1995. JOAN du 8 mai 1995, p.2390). Certains députés annoncent des taux de cotisation de 25 % (Question n° 640 de François Roussel, séance du 22 juin 1995, JOAN p. 622-623). Ces taux dissuasifs sont une façon pour les assureurs de signifier une fin de non-recevoir aux demandes de garantie de clients trop sinistrés. L'objectif de cette politique tarifaire des assureurs, rompant avec la traditionnelle sous-tarification du risque-grêle sur fruits, est d'éjecter du marché des clients trop sinistrés (risque trop élevé en terme de probabilité) ou trop risqués en matière de concentration de capitaux à l'hectare (risque trop élevé en terme d'enjeu financier).

Ainsi, cette politique combinée aux phénomènes déjà décrits comme la baisse de solvabilité des agriculteurs ou la politique agricole européenne explique que le début des années 90 semble avoir marqué un palier pour l'assurance. Depuis 1990, les cotisations encaissées par les assureurs ont diminué de 20 % en francs constants. D'un maximum de 33 % en 1993, le rapport nombre de contrats d'assurance-grêle/nombre d'exploitations agricoles a amorcé une légère baisse (32 % en 1996).

Le problème de l'assurance agricole est que lors des difficultés, les agriculteurs ont besoin d'être assurés mais n'en ont pas les moyens et vice versa en période de prospérité. Il y a contradiction entre l'élévation des coûts de l'assurance en période de crise et la moindre solvabilité des arboriculteurs. Cela renvoie au problème des aides et de l'intervention des pouvoirs publics dans le régime de l'assurance. Jusqu'en 1990, l'incitation à l'assurance-grêle, particulièrement favorable pour les cultures fruitières, avait augmenté la part de ces dernières dans le régime d'assurance-grêle. Sa suppression en 1991 avait été (involontairement) maladroite, coïncidant avec une année de gel et précédant la série d'années grêlifères. L'objectif à court terme des arboriculteurs fut, au coeur de la crise-grêle, d'obtenir le rétablissement de l'incitation, tenant cette décision comme nécessaire à la solution de la crise.

1.2.1.2- Le rétablissement de l'incitation à l'assurance-grêle

En 1994¹⁰², l'incitation complémentaire fut rétablie dans les départements où les conseils généraux versaient déjà une incitation. La subvention nationale fut rétablie en 1995¹⁰³ et les conditions se sont améliorées en 1996 et 1997 tant pour les taux que pour les cultures prises en compte. Le rétablissement de l'incitation à l'assurance-grêle répondait aux pressions des arboriculteurs. Ces derniers, emmenés par la FNPF, ont mené un travail de lobbying en multipliant les études (rapport FNPF-ONIFLHOR, 1996) sur les difficultés de la filière fruit, les interventions auprès des élus.... Le changement de majorité politique (le gouvernement Balladur (droite) remplace le Gouvernement Bérégovoy (gauche) en 1993) n'est peut-être pas étranger au rétablissement de l'incitation. Enfin, la diminution des calamités agricoles, en particulier des sécheresses (pas de sécheresse majeure depuis 1990), a permis au FNGCA de reconstituer ses fonds et facilité la décision de reprendre l'incitation à l'assurance-grêle.

¹⁰² Décret N°94-161 du 17 février 1994. JOAN du 24 février 1994 p. 3098-3099

¹⁰³ Décret N°95-399 du 13 avril 1995. JOAN du 15 avril 1995 p. 6008

1.2.1.3- L'assurance-grêle sur fruit est-elle viable sans incitation ?

La subvention versée par le FNGCA et les conseils généraux avait favorisé parfois une surassurance des cultures fruitières dans certaines régions particulièrement grêlifères. Il est indéniable qu'elle soutenait le taux de couverture des exploitations par les contrats grêle. En revanche, le rétablissement de l'incitation n'a pas empêché la baisse du taux de couverture des exploitations agricoles par l'assurance-grêle, ni la mise en place quasi-systématique de filets paragrêle sur les vergers de pommiers, ni même l'adhésion à des programmes de lutte active. Il n'est pas certain que la subvention nationale ait un effet incitatif. Son effet est peut-être autant psychologique. Elle serait un gage donné aux arboriculteurs du maintien de l'État dans le système de gestion du risque-grêle. En revanche, localement, les sommes versées par les conseils généraux peuvent être substantielles. Leur montant est souvent lié comme nous l'avons dit au poids politique des arboriculteurs et maraîchers-horticulteurs dans les départements. La subvention départementale est une boucle de rétroaction positive de la concentration des vergers.

Mais le nombre de paramètres en jeu dans l'évolution du taux de couverture des exploitations par l'assurance est tel (chap. 5) que seules des études monographiques sur un ou deux départements permettraient de connaître l'effet réel de l'incitation.

1.2.2- L'attitude de l'État

En 1995, les Ministères de l'Agriculture et de la Pêche, du Budget, et de l'Économie ont confié une mission à l'Inspection générale des finances et au Conseil général du Génie rural des eaux et forêts afin "d'expertiser très précisément le système actuel de l'assurance-grêle et de proposer des voies d'action permettant d'améliorer la situation actuelle tant dans le domaine de la prévention que dans celui des mécanismes de l'assurance proprement dits" (réponse à Pierre Lacour, question au Sénat n°9909 du 16 fév 1995, JOSénat 27/4/1995, p.1000). Il semble qu'en matière de risques assurables, l'État se contente de répondre aux pressions. Nous reviendrons à la fin de ce chapitre sur le rôle de l'État et son intervention dans la couverture des risques naturels qui dépasse le simple problème de la grêle.

1.2.3- Une meilleure circulation de l'information

Les assureurs ont compris la nécessité de se rassembler pour mieux faire face à un risque aussi imprévisible et variable que le risque-grêle. Groupama a adhéré à la francsSA en 1996.

Il est regrettable que les résultats des enquêtes interministérielles ne soient pas publiés. Cependant il faut noter, depuis 1996, un effort de communication du Bureau des calamités agricoles du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Nous avons pu obtenir aisément les résultats du régime des calamités agricoles (loi de 1964).

1.3- Les tendances centrifuges : des alternatives à l'assurance

Outre les rééquilibrages internes pour lesquels les mécanismes traditionnels fonctionnent (augmentation des taux d'assurance...), les solutions à la crise sont à chercher dans des sorties du système. Les méthodes classiques ayant montré leurs limites, les agriculteurs victimes de la grêle se tournent vers d'autres modes de gestion du risque-grêle dont la place dans le système se trouve renforcée.

1.3.1- Les sorties du système : réactions spontanées et réponses tactiques

"La crise apparaît lorsque certains seuils étant franchis, une escalade est amorcée, le déroulement des phénomènes ne pouvant être ni prévu, ni maîtrisé" (Faugères L., 1990, p.53). Les sorties du système sont le premier temps de la crise. Elles révèlent l'inquiétude, le manque de confiance des agriculteurs et leur désir de trouver des moyens de protection plus efficaces. L'augmentation des coûts de l'assurance, le refus de certaines compagnies d'assurer le risque-grêle, la perte systématique des récoltes (que l'assurance rembourse mais ne remplace pas), le retour de la grêle pendant plusieurs années consécutives sur une même exploitation, tous ces facteurs ont poussé les agriculteurs à des réactions désespérées face au risque. Le rapport FNPF-ONIFLHOR de 1996 recense quelques unes de ces attitudes :

- la première a été d'accepter des diminutions de garantie sur les contrats d'assurance : baisse des capitaux assurés, augmentation de la franchise. Il s'agit là d'une assurance minimale¹⁰⁴, certes bon marché, mais peu intéressante en terme d'indemnisation,

- dans de nombreux cas, tout moyen de protection est abandonné à titre individuel,
- malgré les avertissements du GNEFA, les agriculteurs ont pu souscrire à des moyens de lutte peu sérieux. Des canons (dont l'inefficacité a déjà été prouvée) ont été installés dans la Drôme (entre autres) avec l'apparente caution scientifique d'un radar.

¹⁰⁴ souvent conservée pour bénéficier d'indemnisations majorées en cas de calamités agricoles entrant dans le cadre de la loi de 1964.

Dans le Lyonnais, la Vallée de la Loire, les fusées (dont l'efficacité n'est qu'hypothétique) ont repris du service,

- la lutte active a connu un regain d'intérêt.

1.3.2- La relance de la lutte active

Les associations du Sud-Ouest, pratiquant la lutte active avec de gros moyens, ont vu leur champ d'action s'élargir. L'ANELFA (Association Nationale d'Étude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques) a étendu son domaine d'intervention dans le Sud-Est (Drôme). On constate que les extensions du territoire de l'ANELFA coïncident avec des augmentations de sinistralité dans les départements concernés. Depuis 1996¹⁰⁵, il n'y a pas eu d'extension significative ce qui peut s'expliquer en partie par la baisse générale de la sinistralité grêle et donc l'absence de demande de la part des agriculteurs.

Suite aux tensions entre assureurs et partisans de la lutte active, les grêlimètres ont remplacé les résultats de l'assurance dans le test d'efficacité de la méthode pratiquée par l'ANELFA¹⁰⁶. Ce changement est sans doute une garantie d'objectivité. De nombreux paramètres influencent les taux de perte sur récolte surtout à l'échelle locale (état des cultures, conditions d'expertise...). Les grêlimètres constituent une mesure sinon "objective" du moins relativement fiable et homogène de la grêle. Les travaux de teste de la méthode de lutte, d'abord macroéconomique (Dessens J., 1986), s'orientent vers des études au cas par cas testant l'efficacité réelle de l'agent chimique en fonction de ses conditions de dispersion dans le nuage. Les impacts de la grêle au sol mesurés par les grêlimètres sont comparés aux émissions d'iodure d'argent compte tenu du déplacement de l'orage (quelques dizaines de kilomètres) pendant la durée d'ensemencement et de formation de la grêle (une heure environ). Les premières études montrent une diminution de 42 % du nombre de grêlons dans les cellules traitées.

- L'ACMG de son côté, sous la pression des arboriculteurs de la Moyenne-Garonne a développé à partir de 1994 (annexe 4) une expérience de lutte active fondée sur l'injection de sels hygroscopiques, par avion, dans les nuages potentiellement grêligènes. Mais, à partir de 1995, la baisse de fréquence des situations grêligènes n'a pas favorisé les expériences malgré des premiers résultats encourageants. De plus, l'absence de gros sinistres-grêle a désensibilisé les agriculteurs. Les moyens financiers alloués par les collectivités locales aux expériences de lutte ont diminué. C'est presque un paradoxe que

¹⁰⁵ le réseau a été renforcé dans quelques départements.

¹⁰⁶ DESSENS J. : A physical evaluation of a hail suppression project with silver iodide ground burners in southwestern France. *Journal of Applied Meteorology* (à paraître, 1999)

la diminution des chutes de grêle soit à l'origine de difficultés ou de l'extinction de programmes de recherche qui précisément visent à réduire ces chutes de grêle.

Il est regrettable de constater que la plupart des recherches en matière de risques climatiques progressent par à-coups et sont étroitement dépendantes de l'occurrence de gros sinistres qui sensibilisent l'opinion et les politiques. Ce fut déjà le cas par le passé lorsque l'année fortement grêlifère de 1971 encouragea scientifiques, pouvoirs publics et assureurs à mettre en place le programme Grossversuch IV (annexe 4).

Il est difficile d'établir une chronologie précise des événements et des décisions qui ont jalonné la sortie de la crise. La diminution des chutes de grêle fut sans doute par définition la condition *sine qua non* de la sortie du système de la crise. La phase de réactions individuelles des arboriculteurs, désarmés devant le relèvement brutal des cotisations d'assurance, fut suivie d'une prise de contrôle par les politiques (adhésion de conseils généraux à la lutte active) et les organisations professionnelles. Les arboriculteurs sont ainsi passés de la gestion "tactique" de la crise à une nouvelle stratégie fondée sur la recherche d'alternative à l'assurance-grêle. Un des éléments-clés de cette nouvelle stratégie est l'équipement massif des vergers de pommiers en filets paragrêle.

2- Un nouveau mode de gestion du risque : les filets paragrêle

Les filets sont apparus en 1957 en Italie puis dans les années soixante en Autriche. En France, quelques arboriculteurs utilisent des filets depuis une trentaine d'années dans le Limousin, le Sud-Ouest et le secteur de Manosque dans les Alpes de Haute-Provence. Les initiatives étaient, au départ, individuelles et les avis divergeaient quant à la rentabilité des filets : les uns ont abandonné les filets au bout de quelques années, d'autres arboriculteurs les avaient adoptés depuis vingt ans et s'en montraient satisfaits¹⁰⁷. Depuis la crise-grêle de 1992-1995, les filets paragrêle ont connu un regain d'intérêt auprès des arboriculteurs comme en témoigne l'abondante bibliographie¹⁰⁸ spécialisée éditée depuis

¹⁰⁷ Témoignages oraux lors de la journée d'information "filets" organisées par le CTIFL, la FNPF, et l'ONIFLHOR le 21 novembre 1996 et lors du congrès de la FNPF au Mans (mars 1995).

¹⁰⁸ "Le défi des filets paragrêle en arboriculture" brochure éditée par la Chambre d'agriculture des Alpes de Haute-Provence nov. 1995.

"Grêle, un engouement pour les filets" N° Spécial de Fléaux Atmosphériques N° 11 mars 1996 GNEFA/Chambre régionale d'Agriculture Rhône-Alpes.

1995 et à laquelle nous avons emprunté une grande partie de l'information technique à ce sujet. Les surfaces équipées augmentent. La filière se structure et les progrès techniques offrent de nouvelles possibilités. L'emploi de filets paragrêle est-il une protection économiquement rentable contre la grêle ? L'engouement actuel pour les filets est-il un phénomène de mode ? Est-ce une simple réaction à la crise de 1992-1995 ou un mouvement de fond, un changement durable dans la gestion du risque-grêle ?

2.1- L'intérêt du filet paragrêle

L'équipement d'un verger en filets paragrêle est un investissement lourd pour l'arboriculteur. Il n'est décidé qu'après mûre réflexion lorsqu'il s'impose comme la meilleure solution pour l'entreprise. Une des justifications des filets fut la forte augmentation des taux de cotisation d'assurance-grêle après les années très sinistrées de 1992, 1993 et 1994. Lorsque les taux de cotisation proposés par les assureurs atteignent 20 % des capitaux assurés, l'achat de filets devient intéressant même s'il n'y a pas de seuil à partir duquel le filet devient plus rentable que l'assurance : tout dépend du type de filet, des conditions de garanties proposées par l'assureur et du type de verger. Outre les taux de cotisation élevés, le plafonnement des capitaux assurés par hectare a dissuadé les arboriculteurs d'assurer les vergers les plus productifs : pourquoi assurer un hectare de verger pour un montant garanti plafonné (par l'assureur) à 50 000 francs alors que le verger peut produire pour 150 000 francs de fruits ? Seul un tiers des revenus serait assuré. Le filet concerne surtout les vergers à forte capacité de production.

Le deuxième intérêt qui a pu pousser les arboriculteurs à s'équiper en filets paragrêle tient également aux insuffisances de l'assurance. En effet, si l'assurance garantit un revenu à l'agriculteur en cas de grêle, elle ne remplace pas les fruits. Or les grandes exploitations arboricoles sont souvent équipées de stations de conditionnement (stations fruitières) destinées entre autres à alimenter les marchés d'exportation. Ces marchés étrangers (Le Royaume-Uni par exemple, principal client des producteurs de pommes français) sont très concurrentiels et exigeants en qualité de produit. En cas de récolte détruite par la grêle, l'agriculteur peut perdre des marchés que l'assurance ne lui redonnera pas. De plus, les stations fruitières font vivre une main-d'oeuvre locale qui, sans fruit, se retrouve au chômage. Cet argument économique a d'ailleurs fortement contribué à sensibiliser les élus locaux aux avantages des filets et à leur faire prendre conscience de l'intérêt de subventionner ce type d'installation. L'intérêt de la protection

CTIFL, 1996, *Les Filets paragrêle* 182 p.

du produit par les filets témoigne de la modification de l'agriculture depuis une vingtaine d'années. On dépasse le stade de la compensation financière de la récolte. Les entreprises agricoles, de plus en plus performantes, sont aussi vulnérables et sensibles à la moindre perte financière.

Le profil type de l'exploitation ayant recours à des filets paragrêle est le suivant :

- exploitation arboricole en pommes,
- plusieurs dizaines voire plus de 100 hectares,
- équipée d'une station fruitière,
- marchés à l'exportation,
- agriculteur de moins de 50 ans ou assuré de sa succession,
- situé dans une région grêlifère.

Les caractéristiques de ce profil ne sont évidemment pas toutes nécessaires.

2.2- Les types de filets et leur coût

Le développement des filets en France a fait surgir de nombreux types d'installations. Les caractéristiques technico-économiques des différents types de filets sont un compromis entre le coût et la fiabilité de l'installation. Le choix de l'agriculteur se fait prioritairement en fonction de ses capacités d'investissement. Sans entrer dans les détails techniques, voyons les principaux types de filets, leurs avantages et leurs inconvénients (figure 57, photographies 20 à 25)

2.2.1- Les installations structurées

2.2.1.1- Les filets en chapelle (figures 57a et b, photographie 20)

Les filets en chapelle sont tenus par une charpente métallique fixée à des poteaux de bois ou de béton. Les filets sont tendus sur la charpente métallique et forment un toit. Les grêlons rebondissent et tombent dans l'entre-rang grâce à la pente du filet. Une variante consiste à ne pas tendre le filet. L'intérêt de cette méthode est sa fiabilité : les fruits sont bien protégés de la grêle mais aussi du vent. De plus, le filet n'abîme pas l'arbre puisqu'il n'est pas en contact avec ce dernier. La hauteur de la charpente (3 à 5 mètres) permet le passage des machines entre les rangs pour les traitements et la récolte. Les filets ont une durée de vie de 7 à 15 ans, la structure peut durer 25 ans si elle a été bien conçue. Le principal obstacle à la diffusion des filets en chapelle est le coût de l'installation : 100 000 à 130 000 francs à l'hectare (1996) ce qui est hors de portée de la plupart des



cliché : F. Vinet

**Photographie 20 - Jeune verger sous des filets
paragrêle structurés en chapelle.**
(Monts du Lyonnais, département du Rhône, printemps 1996)



cliché : F. Vinet

Photographie 21 - Filets paragrêle structurés à plat.
En hiver, comme ici, le filet est replié.
(Durtal, Maine-et-Loire, décembre 1997)

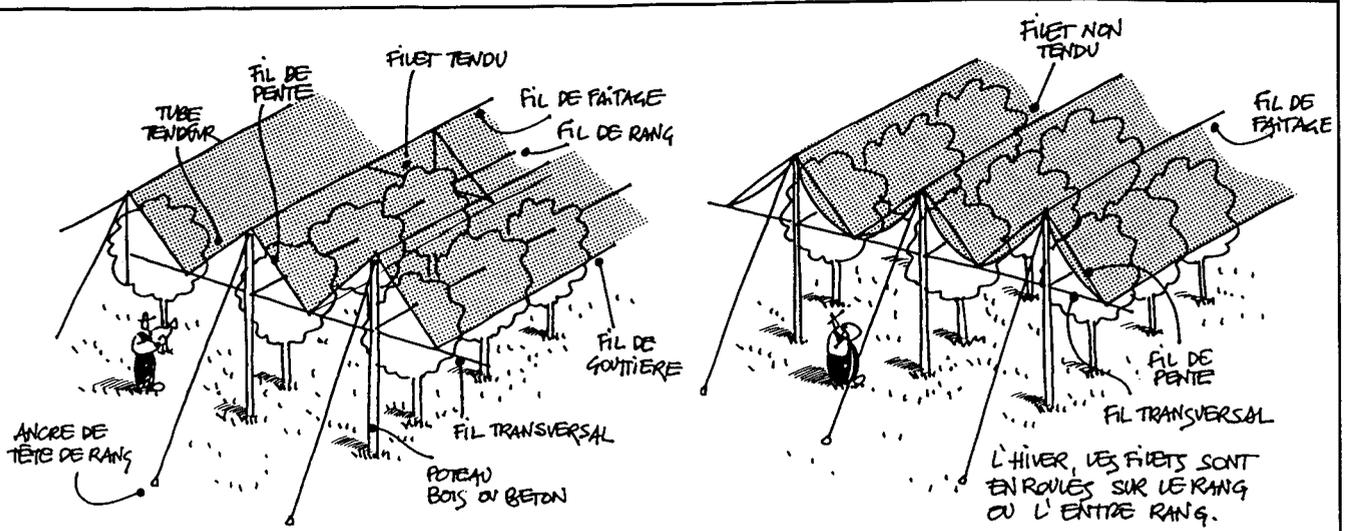


Fig. 57a - Filets en chapelle, type italien

Fig. 57b - Filets en chapelle non tendus

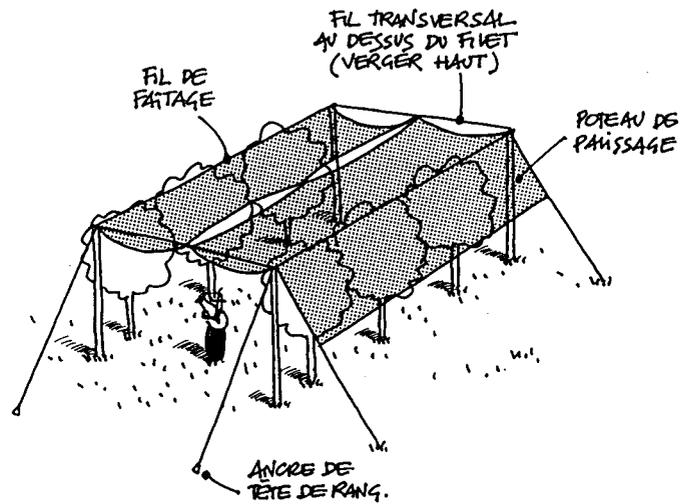


Fig. 57c - Filets à plat, type autrichien

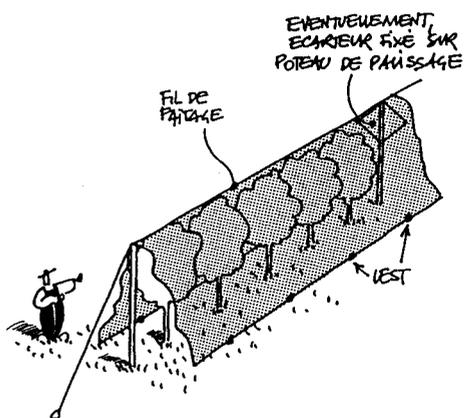


Fig. 57d - Filet monorang tendu

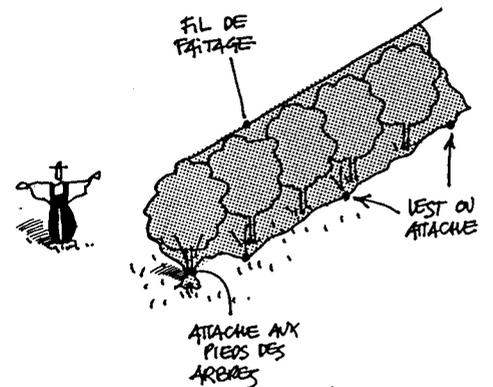


Fig. 57e - Filet monorang posé

Tiré de fléaux atmosphériques, n°11, GNEFA, 1996

Fig. 57 - Les types de filets paragrêle

arboriculteurs. Le coût annuel en comptant l'amortissement de l'investissement peut aller jusqu'à 20 000 francs soit le coût d'une assurance au taux (élevé !) de 20 % sur un capital de 100 000 francs.

2.2.1.2- Les filets à plat (figure 57c, photographies 21 et 24)

Le principe d'une structure supportant le filet est conservé mais en cas de chute de grêle, le filet, non tendu, se déforme et ploie sous la masse des grêlons formant ainsi des poches qui se résorbent avec la fonte de la glace.

Son coût est un peu moins élevé que le filet en chapelle de l'ordre de 50 à 80 000 francs/ha. Il demande peu de main-d'oeuvre d'entretien (repli des filets en hiver) et n'entrave pas les interventions mécaniques sur le verger.

Ces deux techniques (chapelle et à plat) sont coûteuses et sont plus aisées à mettre en place sur un verger neuf. Les structures portant le filet sont installées en même temps que le palissage du verger. L'installation est prévue pour durer. Elle fixe le verger pour au moins 15 ans. Tous les arboriculteurs n'ont pas les moyens ou ne ressentent pas la nécessité d'installer des structures aussi lourdes. Devant l'urgence, certains ont opté pour des structures plus légères.

2.2.2- Les installations peu ou non structurées : le filet monorang

Le filet est posé sur un fil de faitage tendu entre les poteaux de palissage (figure 57d, photographie 22). Des écarteurs au sommet et des lests à la base peuvent éloigner le filet des arbres et améliorer la protection. Parfois, le filet est simplement posé sur les arbres et attaché aux troncs (figure 57e, photographie 23). Les filets monorang ont connu un fort développement ces dernières années à cause de leur faible coût : de l'ordre de 30 000 francs/ha soit de deux à quatre fois moins que les filets sur structure. La technique du filet monorang a été adoptée spontanément par les arboriculteurs après la forte hausse des cotisations d'assurance en 1994 et 1995. Devant l'impossibilité de s'assurer, et soucieux de préserver leur récolte, les producteurs de fruits n'ont pas toujours eu le temps d'effectuer les consultations techniques nécessaires avant l'installation de filets. La technique des filets monorang est moins connue que celle des filets à structure. Il reste des incertitudes quant à la durée de vie des filets (sans doute plus courte du fait du contact avec les branches), au coût de la main-d'oeuvre...Les filets monorang sont un obstacle à



cliché : F. Vinet

Photographie 22 - Filet monorang avec fil de faitage et écarteur
(Lot-et-Garonne, juillet 1996)



cliché : F. Vinet

Photographie 23 - Filet monorang simplement posé
(Lot-et-Garonne, juillet 1996)



cliché : F. Vinet

Photographie 24 - Mesures climatologiques sous un filet paragrêle structuré à plat.

On ne connaît pas encore complètement les conséquences de la pose de filets sur la microclimatologie du verger (novembre 1996).
Station d'expérimentation du CTIFL à La Morinière (37)



cliché : J. Leconte

Photographie 25 - Filets paragrêle en chapelle en Haute-Vienne
Filets noirs au premier plan, filets blancs au second plan. Les premiers diminuent la luminosité et retardent la récolte de 8 à 10 jours (été 1995).

l'intervention sur le verger (éclaircissage, récolte), obstacle que ne présentent pas les autres types d'installations.

2.2.3- Contraintes et incertitudes

Afin de les protéger, les filets, quel que soit le type d'installation, sont repliés chaque hiver (photographie 21). Il faut compter 30 à 50 heures / ha / an de main-d'oeuvre pour l'ouverture (avril) et le repli (octobre) des filets. La date de l'ouverture est définie en fonction du contexte météorologique du printemps. Si le verger pratique la lutte antigel par aspersion, les filets ne peuvent être ouverts avant que le risque-gel ait disparu. A l'automne, les filets doivent être repliés avant les chutes de neige et les tempêtes, deux phénomènes météorologiques susceptibles de dégrader fortement les filets. Le coût du repli est variable selon le type de filets mais il doit être inclus dans les charges financières de l'exploitation avant tout projet d'équipement.

L'utilisation de filets engendre des contraintes autres que financières. Le filet (surtout le monorang) est un obstacle au passage des machines pour le traitement sanitaire. Il ne semble pas que la présence de filets modifie notablement la température et l'humidité relative du verger (photographie 24). En revanche, le filet est un obstacle aux rayons solaires. Le rayonnement est réduit de 7 % sous les filets transparents à plus de 20 % sous les filets en fil tissé noir (photographie 25). Les fruits sont moins sucrés et moins colorés. La récolte est donc en général retardée de 8 à 10 jours, ce qui peut finalement se révéler avantageux si l'arboriculteur veut étaler ses dates de récoltes. Le filet serait aussi un obstacle à la pollinisation naturelle par les insectes. Les recherches se poursuivent pour savoir si le filet modifie le contexte microclimatique et sanitaire du verger.

Outre les interrogations techniques, le principal problème à trancher est celui de la rentabilité économique sur le long terme. Cela dépend de l'évolution des techniques propres au filet mais aussi de facteurs externes tels que le coût de l'assurance ou la solvabilité des arboriculteurs.

Ce sont donc les arboriculteurs les plus performants qui sont le plus sensibles à la grêle notamment à cause des répercussions que peut avoir une destruction des fruits sur l'activité de la filière agro-alimentaire. Ce sont eux qui sont aussi, il faut le dire, les plus aptes à réagir à la crise et à trouver des parades. Les petits arboriculteurs peuvent compenser la perte des fruits par l'assurance, ou si celle-ci est trop chère, accepter le risque d'une récolte perdue et compter sur d'autres revenus pour assurer la pérennité de l'exploitation.

2.3 - La répartition régionale des filets paragrêle et son évolution entre 1992 et 1997

2.3.1 - Les sources

Il n'existe pas de recensement permanent des surfaces de vergers équipés en filets paragrêle. Les sources à notre disposition sont les enquêtes du GNEFA, qui mettent l'accent sur les subventions et les aides à l'installation de filets, et les enquêtes quinquennales sur la structure des vergers (enquête "verger 1992" et enquête "verger 1997")¹⁰⁹. Ces enquêtes quinquennales concernent 61 départements où les surfaces fruitières sont significatives. Menées par les DDA et coordonnées par le SCEES, elles remettent à jour les statistiques annuelles agricoles en les testant par une enquête sur 20 % du verger français. Il y a donc une marge d'incertitude surtout dans les départements à faible surface arboricole mais les chiffres sont globalement représentatifs.

Les chiffres fiables les plus récents dont on dispose sur la couverture des vergers par filets viennent de l'enquête verger menée en 1997 par le SCEES. Ils concernent l'état du verger au printemps 1997. L'enquête verger 1997 a pris acte du problème de la grêle. Les renseignements concernant la gestion des risques climatiques (gel, grêle, irrigation) occupent une place plus grande et font l'objet de données plus détaillées que lors de l'enquête 1992. La recrudescence des chutes de grêle de 1992 à 1994 est passée par là et le risque climatique est pris en compte dans la gestion des exploitations et participe même de la typologie des exploitations : équipées ou non de filet, irriguées ou non, disposant ou non d'une protection antigel... Ces paramètres deviennent de plus en plus déterminants dans la différenciation des exploitations.

2.3.2- Les filets paragrêle en 1992

L'enquête verger 1992 recensait 900 hectares de vergers équipés en filets paragrêle sur 172 exploitations soit beaucoup moins que la protection gel qui couvrait 12 000 hectares de vergers. Sur ces 900 hectares, 592 soit 66 % des surfaces concernaient les pommiers, 14 % (125 hectares) les poiriers et 10 % les abricotiers, le reste étant réparti entre les vergers de pêcheurs, de kiwis et de cerisiers.

¹⁰⁹ Le verger français en 1992. SCEES, ministère de l'agriculture. Données chiffrées-agriculture n°51, janvier 1994, 219 p.

Le verger français en 1997. SCEES, Ministère de l'Agriculture. Données chiffrées-agriculture n°108 avril 1998 219 p.

En 1992, 42 % des surfaces équipées (375 hectares sur 900) étaient concentrés dans trois départements : Tarn-et-Garonne, Gard et Vaucluse. Les pommiers et les poiriers sont les fruits les plus protégés. Ils totalisaient 620 des 900 hectares couverts en 1992. 1 % des surfaces cultivées en pommiers était équipé de filets paragrêle. L'enquête ne fournit pas le détail départemental des surfaces équipées par type de fruit¹¹⁰.

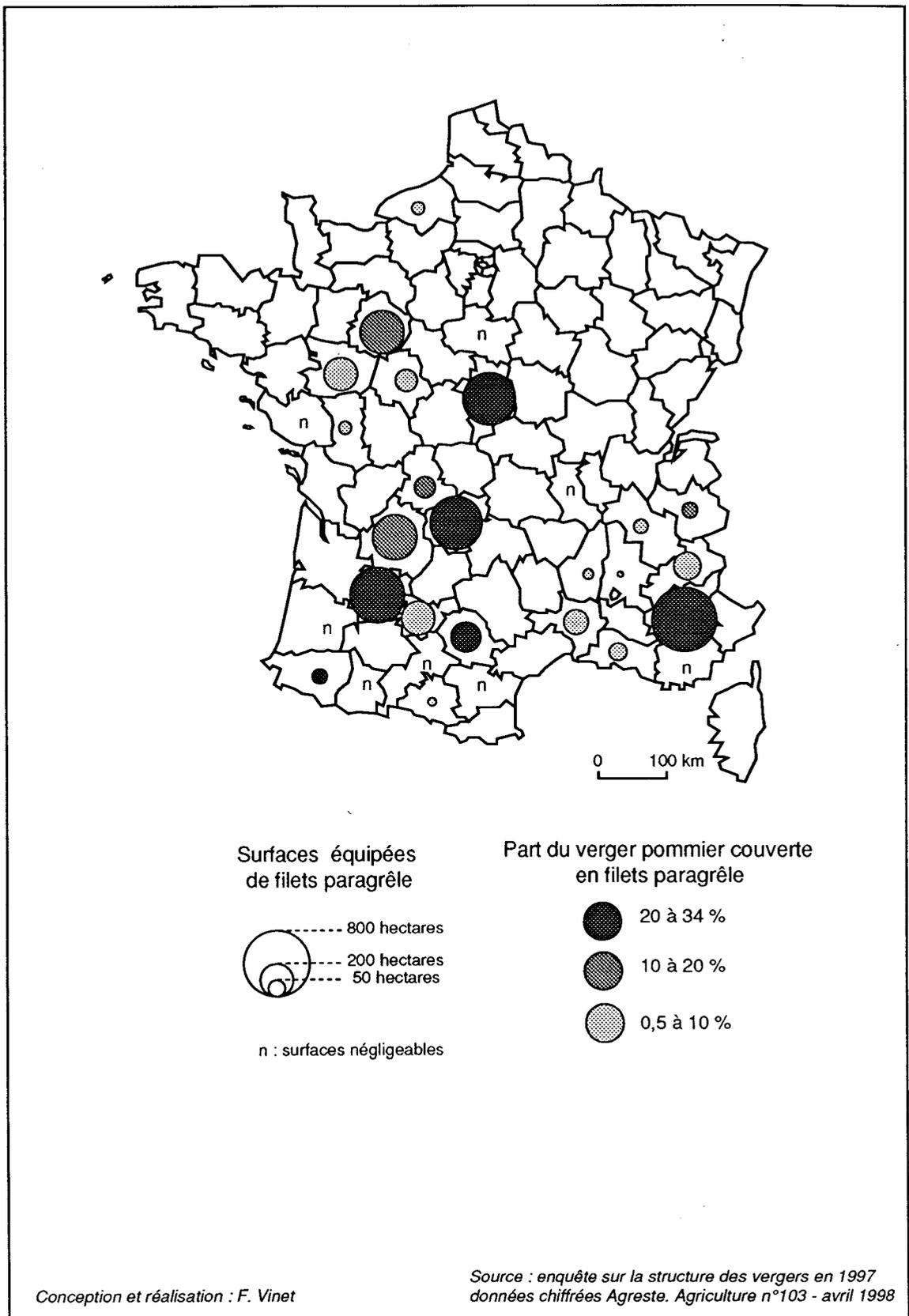
Malgré une domination du Sud-Ouest, les filets ont eu tendance à se diffuser dans toutes les régions fruitières françaises. La pénétration de ce genre de protection est très variable d'un département à l'autre et dépend de nombreux paramètres comme l'âge du verger, les structures d'exploitation et la fréquence des chutes de grêle.

2.3.3 - Les filets paragrêle en 1997 (carte 79)

Entre les deux enquêtes, en cinq ans, les surfaces équipées en filets sont passées de 900 à 5000 hectares. C'est pour les pommiers que l'augmentation a été spectaculaire : 4,8 % des exploitations possédant un verger de pommiers étaient totalement ou partiellement équipées de filets paragrêle mais si l'on considère les surfaces, le taux de couverture monte à 7,2 % soit près de 4300 hectares. Ce sont donc plutôt les grandes exploitations qui se sont équipées. Le reste des surfaces équipées se répartit entre les kiwis (dont 10 % des vergers sont équipés soit 381 hectares) et les poiriers (1,1 % des surfaces équipées). Les autres fruits sont couverts pour moins de 1 % de leurs surfaces. Les vergers équipés concernent les fruits d'automne, plus longtemps exposés aux éventuelles chutes de grêle. Les cerises, abricots et pêches sont récoltés plus tôt (juin ou juillet) et justifient moins l'investissement lourd que sont les filets. Les fruits protégés sont aussi ceux qui fournissent le plus fort capital à l'hectare : la pomme en particulier est le fruit qui a le plus pâti des plafonnements de capitaux assurés par les compagnies d'assurances.

Pour l'étude de la répartition spatiale des filets paragrêle, nous avons cartographié (carte 79) uniquement le verger pommier qui regroupe 85 % des surfaces arboricoles équipées de filets en France. Ce sont les Alpes de Haute-Provence qui totalisent les plus grandes surfaces : 728 hectares soit 34 % du verger pommier départemental. Le filet est connu depuis longtemps dans la région de Manosque où la Chambre d'agriculture est très en pointe dans les techniques et les tests de filets. Dans le Sud-Ouest, les vergers du Lot-et-Garonne sont équipés à 26 % (530 ha), ceux de Dordogne à 15 % (355 ha) et ceux de Corrèze à 24 %. Dans la partie nord de la France c'est le Cher qui se détache avec 500

¹¹⁰ Les conditions de l'enquête et la faiblesse des surfaces équipées ne permettaient pas une cartographie représentative.



Carte 79 - Les surfaces de verger pommier équipées de filets paragrêle en 1997

hectares équipés soit plus du quart de son verger. La Sarthe est plus équipée que le Maine-et-Loire.

Si l'on compare cette carte avec celle des surfaces plantées en pommiers (carte 54a, p.281, chap. 4), on peut s'étonner de l'absence de filets dans le couloir rhodanien. La Drôme, les Bouches du Rhône, le Vaucluse sont peu équipés alors qu'ils sont les tous premiers départements fruitiers français.

Pour expliquer cette carte, les paramètres sont multiples comme l'étaient ceux qui expliquent le taux de couverture par l'assurance. On remarque tout d'abord que les départements traditionnellement fruitiers (vallée du Rhône, Tarn-et-Garonne) sont relativement peu équipés, excepté le Lot-et-Garonne. En revanche, des départements acquis récemment à l'arboriculture ont adopté massivement le filet paragrêle. Les deux meilleurs exemples sont la Sarthe et la Corrèze, les deux départements qui ont connu les plus fortes augmentations de surface arboricole ces quinze dernières années (carte 78, p. 499, chap. 8). Le filet va en priorité aux vergers jeunes, vastes et équipés de stations de conditionnement. Il est moins répandu dans les structures traditionnelles de la vallée du Rhône où la surface moyenne des exploitations est plus faible. Le morcellement du parcellaire, la topographie (terrasses) peuvent constituer des obstacles à l'équipement en filets.

Deux bémols à ces résultats : la qualité de l'enquête et la forte augmentation des filets en 1997 et 1998.

L'enquête ne signale pas la présence de filets paragrêle dans le département du Rhône. Or nous avons observé nous-mêmes des filets en 1996 dans les monts du Lyonnais. On atteint là les limites de l'enquête qui a procédé par tirage au sort d'un échantillon de 20 % des exploitations, laissant échapper des exploitations équipées. Il semble urgent qu'un recensement exhaustif des surfaces équipées soit mis en place pour assurer une bonne gestion du risque. Comme nous l'avons signalé plus haut, la production, la collecte et la diffusion de l'information sont autant de points faibles du système de gestion du risque-grêle en France. Le cas des filets en est une nouvelle illustration.

Ce besoin d'information est d'autant plus nécessaire que les surfaces équipées de filets augmentent de façon très rapide. Les chiffres de 5000 hectares au printemps 1997 sont sans doute à majorer de 2000 hectares à la fin de 1998. Il est probable que le verger pommier soit couvert à au moins 10 % en 1998 (6000 ha).

2.3.4 - Les explications de la répartition des filets paragrêle

On peut expliquer aussi le taux de pénétration des filets par une plus faible implantation de l'assurance. Groupama est fortement implanté dans le Sud-Est et peu dans le Cher ce qui peut expliquer les différences de taux de pénétration des filets dans ces deux régions. Autre paramètre, l'existence d'autres moyens de lutte active comme dans la Drôme ou les départements pyrénéens peut être vécu comme une alternative au filet par certains arboriculteurs.

Dans l'explication de la répartition régionale des filets et de son évolution, il faut faire intervenir les aides financières en particulier la politique des régions en matière de subvention aux filets.

2.3.4.1- Les financements

L'aide des pouvoirs Publics à l'installation de filets paragrêle a été très tôt réclamée par les organisations professionnelles arguant entre autres du fait que l'équipement du verger français en filets permettrait de maintenir des emplois dans la filière fruits (production, conditionnement, circuits de distribution, exportation). Les financements émanent de deux sources principales :

- les PDR,
- les régions par le biais des contrats de plan État-région incluant les subventions de l'ONIFLHOR et des prêts bonifiés.

En 1996, le GNEFA estimait les investissements en cours ou prévus à 200 millions de francs. Compte tenu d'un taux de subvention de 20 %, le financement public annuel pourrait atteindre 40 millions de Francs soit une somme comparable à celle versée au titre de l'incitation à l'assurance-grêle.

Les chiffres récoltés par le GNEFA montrent une domination de l'Aquitaine, de la région Midi-Pyrénées dans les attributions de subventions (7 000 000 de francs toutes sources confondues en 1996 pour chacune des deux régions). La PACA et les Pays-de-la-Loire ont émergé en 1996. Ces chiffres évoluent très rapidement car de nombreux plans de financement se sont mis en place en 1997 et 1998.

À l'échelle locale, tous les acteurs intéressés par la gestion de volumes manquants ou de lots dépréciés par la grêle (organisations professionnelles, coopératives) peuvent aider les arboriculteurs. Dans le Limousin les coopératives de producteurs fruitiers ont bâti en quelques années un plan de subvention efficace qui explique le taux élevé de vergers couverts en Corrèze et en Haute-Vienne (carte 79) .

2.3.4.2- La gestion spatiale des filets à l'échelle locale

L'intérêt réciproque des arboriculteurs et des assureurs est de couvrir en filets les parcelles les plus grêlées et d'assurer les autres. Les enquêtes (enquête FNPF-ONIFLHOR, 1996) attestent que ces considérations géographiques sont prises en compte par certains gros arboriculteurs dans la gestion du risque-grêle sur leur exploitation. Les parcelles situées dans les secteurs les plus grêlifères (ou supposés tels) sont équipées en filets alors que l'assurance est réservée aux parcelles des secteurs peu grêlifères. On touche là le problème de la sensibilité de la grêle aux particularités géographiques locales (chapitre 3). On voit aussi l'intérêt d'une connaissance fine de la fréquence des chutes de grêle. Les études grêlimétriques apportent déjà quelques réponses (chapitre 3) mais il est évident que si l'on pouvait dire à coup sûr entre deux versants, entre la vallée et le coteau quel est l'endroit le plus grêlifère, cela faciliterait la gestion du risque-grêle à l'échelle des bassins de production voire au niveau de l'exploitation.

2.4- Les filets paragrêle : mode ou mouvement de fond ?

L'explosion des surfaces équipées en filets paragrêle a pu faire penser à une réaction épidermique par rapport aux fortes augmentations de cotisations d'assurance.

L'adoption des filets est-elle contradictoire avec l'assurance ? Certes, l'équipement d'une exploitation en filets paragrêle entraîne presque toujours l'arrêt de l'assurance sur les parcelles concernées bien que les filets puissent eux-mêmes être assurés en particulier contre le risque tempête. Le filet est donc une sortie du système assurantiel. Mais les assureurs, après une attitude dubitative en viennent presque à recommander le filet à certains de leurs assurés. En effet, les vergers pouvant justifier l'installation de filets sont des vergers fragiles (pomme) à forts capitaux à hectares, précisément les risques que rejettent les assureurs. Le recours à une assurance complémentaire dépend du taux de couverture de l'exploitation par les filets :

- les simulations économiques (enquête FNPF-ONIFLHOR, 1996) ont montré qu'un taux de couverture en filets inférieur à 30 % des surfaces de l'exploitation n'apporte pas une sécurité suffisante pour l'exploitation,

- entre 30 et 60 % de surface couverte, l'assurance peut intervenir en complément des filets,

- quand les surfaces équipées en filets couvrent plus de 60 % de l'exploitation, la récolte assurée est suffisante pour assurer le bon fonctionnement de l'entreprise ; l'assurance est en général abandonnée.

Les filets permettent aux arboriculteurs, d'une part de maintenir l'activité de la filière aval et donc les emplois afférents (ramassage, conditionnement et vente du fruit), d'autre part, de préserver les marchés, surtout à l'exportation. Outre ces avantages (indépendants de la sinistralité grêle), plusieurs facteurs laissent augurer un succès durable pour les filets.

L'implication des pouvoirs publics, des collectivités territoriales, des organisations professionnelles montre que la filière "filet" est en train de se structurer et de devenir un mode de gestion du risque-grêle au même titre que l'assurance ou la lutte active. De nombreux programmes d'aide à l'installation de filets sont en cours (1998), dans le cadre de contrats État-région ou par les PDR européens. Dans certaines régions, l'équipement en filet est inscrit dans le renouvellement normal des exploitations arboricoles. Dans le Limousin, les coopératives de producteurs ont aidé à hauteur de 30 % l'installation des filets paragrêle. Aujourd'hui (1998), cette aide a été réinvestie dans un équipement des vergers nouvellement plantés. Une part des jeunes vergers plantés dans la région est systématiquement équipée. Dans les vergers de Saint Martin d'Auxigny (Cher), pratiquement la moitié des surfaces est couverte de filets. Le filet est entré dans les pratiques culturales des arboriculteurs. C'est une nouvelle boucle du système de gestion du risque-grêle qui s'est mise en place, un nouveau point d'appui.

Conclusion sur les filets paragrêle

Tout indique que le filet s'impose et s'imposera comme un moyen de gestion du risque-grêle sur les exploitations arboricoles, et ce, quelle que soit l'évolution de la sinistralité grêle dans les années à venir. Quoiqu'il arrive, les assureurs semblent résignés à abandonner définitivement certains vergers trop performants et trop vulnérables pour être couverts par l'assurance. En fait, le développement des filets assainit le marché de l'assurance.

La technique des filets n'est pas une simple réaction au durcissement des conditions d'assurance engendré par la forte sinistralité des années 1992-1995. Le filet est d'abord un révélateur des modifications de la gestion des risques climatiques par une agriculture en perpétuelle mutation. L'évolution de l'agriculture que nous avons retracée brièvement dans le chapitre précédent n'est pas achevée. On observe toujours des tendances à la concentration des capitaux, à l'ouverture aux marchés étrangers, à l'augmentation des

exigences de qualité et à l'intégration dans la filière agroalimentaire (stations fruitières intégrées à l'exploitation). La tendance est à s'affranchir encore plus des incertitudes liées au climat et à multiplier les protections.

Le filet induit donc un nouveau mode de gestion, un nouveau comportement vis-à-vis du risque-grêle. La crise de 1992-95 a fait prendre conscience des insuffisances de l'assurance. L'assurance n'est pas une protection contre la grêle mais une compensation financière des sinistres. L'évolution économique rend caduc le recours à l'assurance pour certaines grandes exploitations arboricoles. Le filet témoigne d'un besoin de sécurité de plus en plus exigeant par rapport aux risques climatiques. Le besoin de protection ne concerne pas seulement la grêle mais aussi le risque-gel, d'autant plus que l'assurance-gel n'est pratiquée qu'avec parcimonie par les assureurs.

Il faut cependant relativiser le phénomène du filet paragrêle. Seulement 10 % du verger pommier sont équipés en 1998. Tout le verger n'est pas équipable. Le maximum se situe sans doute autour de 20 % du verger. Il n'est pas dans les objectifs de ce travail de juger de la rentabilité à long terme des filets. Ceci relève d'études monographiques régionales

3- Le système de gestion du risque-grêle : adaptation et évolution permanente

Au terme de cette analyse de la sortie de la crise, il convient de faire un bilan des forces et faiblesses du système "grêle" en nous interrogeant sur l'avenir de sa gestion. Il n'est pas question pour nous évidemment d'examiner les solutions techniques propres à chacun des acteurs et qui ne relèvent pas de ce travail. En revanche, nous nous interrogerons sur l'évolution des rapports homme/fléaux naturels, sur les implications de la perception du milieu et de l'évolution des sociétés dans la gestion des risques d'origine climatique en particulier les risques agricoles.

L'étude de la gestion du risque-grêle est riche d'enseignements et de questions qui peuvent s'appliquer à d'autres risques tels le gel printanier, la sécheresse pour ne parler que des risques climatiques agricoles. Quel mode de gestion pour les risques climatiques ? Quel doit être le rôle de l'État ? Faut-il une gestion souple et libre de contractation ou imposer un système couvrant tous les biens et personnes potentiellement concernés ? Comment intégrer la gestion des risques climatiques dans le développement durable de l'agriculture ? Comment satisfaire le besoin grandissant de sécurité sans augmenter de façon insupportable les charges financières ? Comme pour les autres risques, les

réponses (ou non-réponses) à ces questions conditionnent la gestion du risque-grêle. Nous essaierons en prenant ce risque en exemple d'en apporter quelques-unes.

3.1- Forces et atouts du système de gestion du risque-grêle

3.1.1- L'assurance reste un pôle majeur et innovant

3.1.1.1- Une meilleure connaissance du risque

Depuis leurs origines les assurances font des efforts pour mieux connaître les risques qu'elles garantissent. Le risque-grêle nous est d'ailleurs aussi bien connu par les résultats de l'assurance que par les données purement climatologiques. L'APSAD dispose de statistiques à l'échelle cantonale qui ne nous ont pas été accessibles. Depuis quelques années, certaines caisses régionales de Groupama collectent des données à l'échelle communale. C'est le cas de la caisse de Montélimar qui couvre la Drôme et l'Ardèche, deux départements fruitiers particulièrement sensibles au risque-grêle. Une telle précision peut se révéler particulièrement intéressante en climatologie. Combinées à d'autres sources (réseau Météo-France, grêlimétrie dans le sud des deux départements) et des techniques nouvelles d'analyse spatiale de l'information (SIG : Système d'Information Géographique), les données de l'assurance à l'échelle communale permettraient sans doute de faire progresser la connaissance de la grêle à l'échelle locale comme elles le font à l'échelle nationale.

Pour les assureurs, l'objectif d'une connaissance du risque à échelle spatiale fine est évidemment de le tarifier au plus juste. P.A. Chiappori (1997) montre bien que la différenciation tarifaire est nécessaire. Il faut savoir jusqu'où aller pour faire payer le juste prix sans déroger au principe de mutualisation des risques. Si une compagnie se refuse à toute différenciation de tarif, l'antisélection va rapidement prendre le pas. Les "bons risques" (clients peu sinistrés) sont surtarifés : ils auront tendance à s'en aller vers des compagnies proposant des tarifs plus attractifs, alors que les mauvais risques seront attirés par des cotisations peu élevées en regard des risques qu'ils pensent courir. On peut se demander si le fait de tarifier le risque au plus juste ne se retournerait pas à terme contre l'assureur. L'intérêt est en effet qu'une certaine péréquation s'exerce entre les zones à niveau de risques différents (mélange de sélection et de mutualisation). L'arboriculteur qui paie de moins en moins cher sa cotisation peut penser à juste titre qu'il est dans une zone peu exposée et, qu'à la limite, l'assurance ne se justifie pas. En revanche, l'agriculteur qui paie de plus en plus cher pourra arrêter l'assurance faute d'argent et/ou

se tourner vers un autre mode de protection. Il y a là une contradiction potentielle entre la logique économique (bien gérer et faire payer le juste prix) et la logique assurancielle (répartir le risque sur le plus grand nombre possible d'assurés).

3.1.1.2- L'adaptation de l'assurance à deux types d'agriculture

L'assurance récolte n'est plus un produit d'appel pour les assureurs, contrairement à ce qui a pu se passer il y a une dizaine d'années. La plupart des assureurs-grêle¹¹¹ obligent les agriculteurs à souscrire les autres polices (incendie, bétail) dans leur compagnie. Dans un mouvement dialectique face à la montée inexorable des filets paragrêle, les assureurs ont profité de l'accalmie sur le plan des sinistralités des années 1995 à 1997 pour renouveler leurs contrats.

G. Duval (1994, p.21-22) pense que l'agriculture va se diriger à terme vers deux types d'exploitation :

- des exploitations performantes qui rechercheront une assurance bien adaptée, personnalisée (300 000 à 400 000),
- des exploitations à temps partiel ayant choisi la diversification non-agricole feront appel à des garanties plus simples, plus forfaitaires, dont la "présentation et l'approche seront plus faciles" (300 000).

Se développent çà et là des contrats d'assurance dits "coup dur" associant une forte franchise (par exemple 40 % des capitaux assurés) à un taux de cotisation faible. L'assurance n'intervient qu'en cas de forte grêle (taux de perte supérieur à 40 %) mettant en cause la trésorerie de l'exploitation. Cela s'applique surtout dans le second des types d'exploitations agricoles décrits par G. Duval.

3.1.1.3- Frilosité européenne

Depuis la loi du 16 juillet 1992 "portant adaptation au marché unique européen de la législation applicable en matière d'assurance et de crédit", la question de l'assurance-récolte est redevenue d'actualité. L'évolution semble se diriger dans trois directions :

- mise en place par chaque état d'un système couvrant les conséquences des calamités agricoles non-assurables (financé par l'État et l'Union Européenne),
- inciter au développement de l'assurance en matière de risque agricole,
- mettre en place un plan communautaire d'assurances agricoles.

¹¹¹ Sauf évidemment les compagnies spécialisées dans l'assurance-grêle comme l'Étoile par exemple.

Cependant, les risques climatiques sont des marchés difficiles à pénétrer et à la rentabilité aléatoire. On peut penser que l'assurance-grêle ne sera pas envahie par la concurrence étrangère car c'est le type même de marché spécifique à un espace. L'assurance-grêle sur récolte est l'un des risques les plus délicats à gérer du fait de la variabilité interannuelle des dégâts et de la tarification géographique. L'implantation sur le marché français de compagnies étrangères exigerait de leur part une connaissance statistique du risque qu'elle n'ont pas et qu'il est difficile d'acquérir en moins de dix ou quinze ans de pratique. Pour ces multiples raisons, le marché du risque-grêle est de ce fait un marché relativement protégé.

L'Europe s'est aussi prononcée sur des projets d'assurance agricole (Chappuis D., 1994, p.40-41). En 1992, le Comité économique et social européen avait proposé la mise en place d'un système d'assurance des récoltes communautaire fondé sur :

- la mise en place progressive de conditions d'assurance communes à l'ensemble des organismes d'assurance permettant la couverture de nouveaux risques (tempête, gel, coup de chaleur...)

- gestion par les assureurs

- adhésion facultative - mais fortement encouragée - des exploitants agricoles.

- système de réassurance ou de garantie en cas de gros sinistre.

Pour l'instant, les projets d'assurance agricole à l'échelle européenne sont restés lettre morte. Les causes en sont, entre autres, la méconnaissance mutuelle des risques entre les pays européens, la diversité des situations locales (Abrassart E. et *alii*, 1998) et les hésitations de l'Europe à se lancer dans des projets coûteux. La tendance actuelle est plutôt de réduire les aides à l'agriculture qui jusqu'à présent absorbaient près de la moitié du budget de l'Union. C'est donc toujours le principe de subsidiarité qui prévaut (voir réponse de la Commission du 30 octobre 1995 à la question écrite de J.C. Alonso et J.C. Salamanca E-2603/95 du 27 septembre 1995, JOCE N°C51/27 du 21/2/96).

3.1.1.4- Les assurances multirisques agricoles

La vocation naturelle des assureurs est d'étendre sans cesse leur domaine d'action. Les contrats d'assurances multirisques sont une piste régulièrement explorée. Ils consistent à combiner plusieurs risques climatiques pouvant affecter une même culture. On a vu avec le risque-tempête (chap.5) qu'un risque climatique pouvait passer, au moins partiellement, dans le domaine assurable après avoir été considéré comme inassurable¹¹².

¹¹² Des expériences d'assurance contre le gel ont tout de même eu lieu (voir Romet E., Gougeon D. 1989 et J. Renouard, 1989¹¹²) mais n'ont pas donné lieu pour l'instant à une généralisation de cette garantie dans les contrats d'assurance récolte. Deux problèmes se posent pour ce risque : d'abord (c'est ce qui est

Il existe déjà des contrats associant plusieurs risques, à commencer par les contrats d'assurance tempête sur récolte qui doivent obligatoirement accompagner un contrat d'assurance-grêle. Colza, maïs, tournesol ne peuvent être assurés contre la tempête s'ils ne sont pas déjà couverts contre la grêle. Le tabac¹¹³, que nous n'avons pas inclus dans notre étude, bénéficie d'une assurance multirisques combinant tempête, grêle, excès d'humidité et maladies. Souvent, les contrats d'assurance couvrant plusieurs risques climatiques ont été introduits pour pallier l'impossibilité à isoler la véritable cause des dégâts. En Espagne, le système de garantie des calamités agricoles couvre de nombreux risques ; il est, certes, fortement contrôlé par l'État et ne relève pas du marché de la libre assurance.

De nombreux obstacles ont longtemps bloqué la diffusion des contrats multirisques climatiques sur récolte. Le problème majeur était la méconnaissance de certains risques. Par ailleurs, plus on multiplie les risques dans un contrat, plus il faut du temps pour mesurer le risque global. Les variabilités s'additionnent. En admettant un gel tous les 5 ans et une chute de grêle tous les 10 ans, il faudra quinze ans (au minimum) pour mesurer la sinistralité moyenne sur un contrat d'assurance combinant les deux risques. Le calcul devient difficile pour les assureurs. Les incertitudes concernent la fréquence, l'intensité et l'extension spatiale des risques (cas du gel printanier) : s'agit-il d'un ou quelques événements annuels ou d'une multitude de petits sinistres ? Faut-il définir dans le contrat d'assurance les types de risque-agent concernés ou proposer une assurance "tout risque climatique" ? Le mode de réassurance (stop loss ou excédent de sinistre par événement) dépend étroitement de la répartition spatio-temporelle des sinistres (voir sur ces problèmes de réassurance : Vandamme R., 1998).

Sous la pression des agriculteurs, toujours demandeurs de plus de sécurité pour leur revenus, les assureurs agricoles testent actuellement des contrats d'assurance multirisques agricoles dans plusieurs départements. Le système ne concernerait pour l'instant, que les céréales, cultures peu sensibles et couvrant de vastes surfaces aux faibles capitaux à l'hectare.

arrivé en 1991) les forts gels printaniers frappent une bonne partie du pays (Blondeau P. et Gravier J., 1995) ; le gel de 1991 a mis à sec les réserves qui avaient été constituées sur 7 ans d'assurance dans le Beaujolais. Ce risque est antisélectif au sens assuranciel du mot : en effet, le gel, s'il est dû à une contingence météorologique, est fortement conditionné par les facteurs topographiques. Certains versants ou certaines vallées sont particulièrement gélifs. Les agriculteurs de ces secteurs vont être portés à s'assurer, apportant de gros risques à l'assureur ; les autres ne le feront pas, l'assureur ne pourra compenser ses pertes par les primes des assurés non sinistrés.

¹¹³ Le tabac est une culture très fragile. Les risques sont nombreux et leur réalisation fréquente. Leurs effets sont souvent convergents et difficiles à différencier.

3.1.2- L'adaptabilité du système

Le principal atout du système de gestion du risque-grêle sur récolte en France est sa souplesse, son adaptabilité. Cela résulte en grande partie de la liberté de choix dont disposent les agriculteurs pour protéger leurs cultures ou garantir leurs revenus. Les difficultés des années précédentes ont montré qu'en peu de temps les acteurs peuvent adapter leur conduite à l'évolution des événements. Les assureurs peuvent moduler leurs tarifs à la sinistralité plus rapidement qu'un État peut relever le taux des cotisations obligatoires du régime "CAT NAT" (loi du 13 juillet 1982). Cette souplesse, vitale pour les assureurs, fut cependant, dans un premier temps génératrice de conflits entre agriculteurs assurés et assureurs qui, d'une année à l'autre, ont considérablement relevé leurs taux de cotisation.

Cette adaptabilité se lit aussi dans la rapidité de l'équipement en filets paragrêle et dans la variété des méthodes de lutte et des comportements face au risque. Elle sera nécessaire et sollicitée par la poursuite des mutations de l'agriculture.

Cependant, cette adaptabilité du système "grêle" est une adaptabilité *ex post*.. Ce n'est qu'après la crise, après un renforcement exceptionnel des chutes de grêle que se fait l'adaptation. Celle-ci répond donc à un forçage de la part du climat et non à une gestion prospective volontaire anticipant les situations de crise. Ce n'est pas là la moindre des faiblesses du système.

3.2- Faiblesse et insuffisance du système de gestion du risque-grêle

Les atouts du système en font aussi ses faiblesses. Les problèmes de ces dernières années ont mis à jour des insuffisances dans la gestion du risque-grêle en France. Elles expliquent que la crise n'ait pas été encore totalement résorbée. Des tendances cindynogènes à l'origine de la crise subsistent comme la concentration spatiale des capitaux. Il faut alors peut-être envisager d'autres actions, d'autres ajustements possibles dans la gestion du risque-grêle, envisager une gestion qui tienne plus compte des contingences spatiales.

3.2.1- Le besoin d'une gestion globale du système

Une des principales faiblesses du système "grêle" est nous l'avons vu son manque de cohérence et l'absence de gestion prospective globale du risque. Le système apparaît comme un système dérivant au gré des actions et réactions parfois contradictoires des

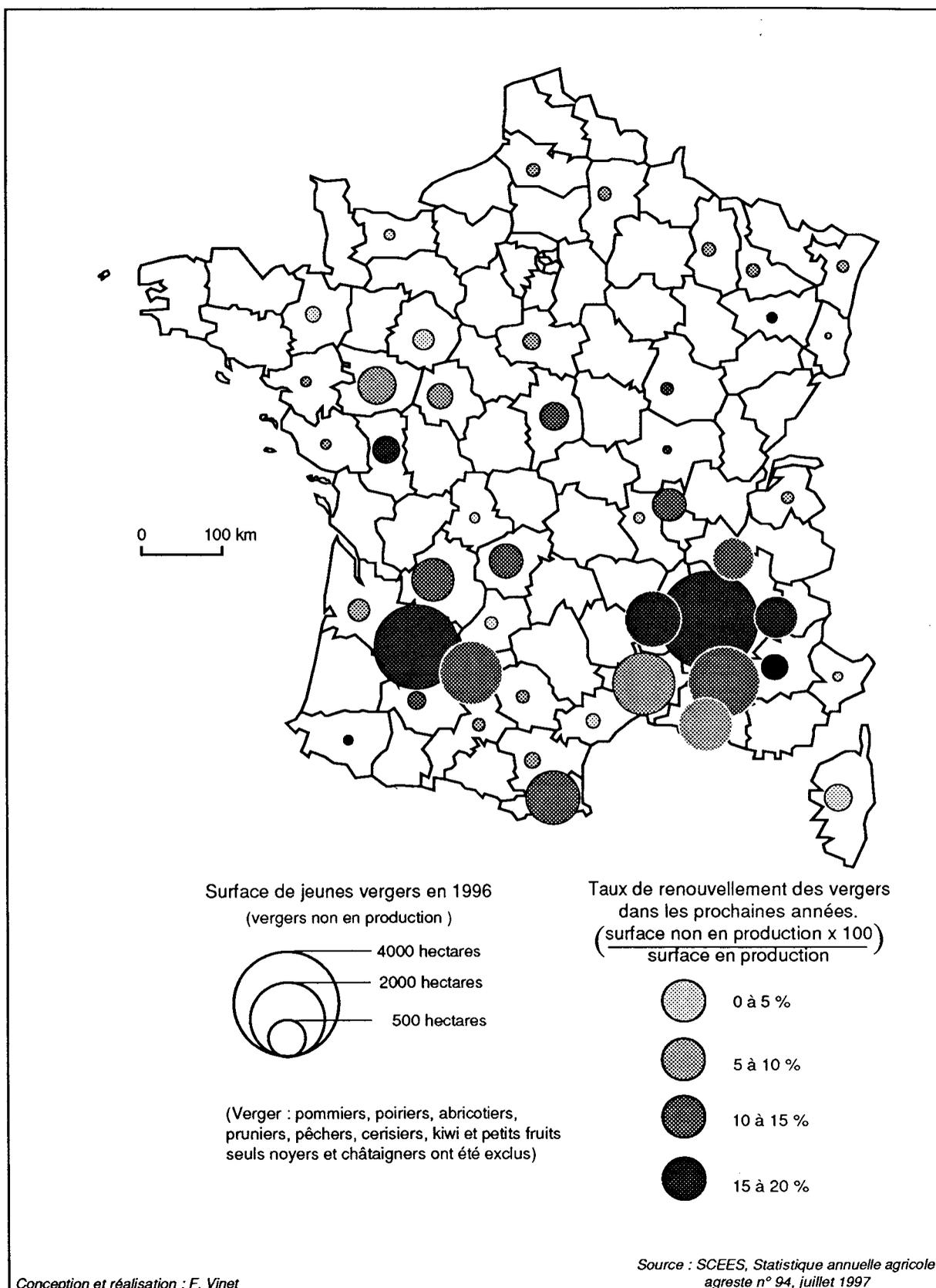
différents acteurs de la gestion du risque. E. Laszlo (1989) explique que "dans la terminologie de la théorie des systèmes dynamiques, nous dirions que les objectifs injectés par les acteurs conscients dans la dynamique turbulente d'une bifurcation sont les attracteurs stables qui emprisonnent les états du système social déstabilisé dans un régime dynamique humaniste nouveau" (p. 216). En termes appliqués à la gestion du risque-grêle, cela revient à préconiser la mise en place d'un organisme plus ou moins formel, soit extérieur aux acteurs de la gestion du risque-grêle¹¹⁴, soit réunissant les partenaires de la gestion du risque-grêle. La mission de cet organisme ne serait pas de se substituer aux différents acteurs. Les missions qui pourraient lui être assignées sont la médiation, la prospective et la diffusion de l'information, une sorte de veille scientifique comme celle pratiquée sur la grêle par le GNEFA. L'objectif majeur serait de prévoir, d'anticiper et de préparer ou d'éviter des crises telles celle qui a marqué le début des années 1990 et qui, ne l'oublions pas, a précipité la faillite de nombreuses exploitations agricoles.

Notons que les gelées printanières à répétition des années précédentes (1994, 1995, 1998) ont fait naître des inquiétudes chez les arboriculteurs. Les préoccupations autour du risque-gel ressemblent étrangement à ce qu'il était autour de la grêle il y a quelques années. Il y a une forte demande d'informations techniques et économiques de la part des arboriculteurs et ce sont souvent les organismes professionnels : chambre d'agriculture, syndicats... qui y répondent les premiers. Le risque-gel dépend du régime des calamités agricoles (loi de 1964) mais il est intéressant aussi d'observer l'attitude des assureurs sollicités par les arboriculteurs et les viticulteurs pour des contrats d'assurance gel. Pour le risque gel, il n'y a pas plus de réflexion globale que pour le risque-grêle.

3.2.2- La poursuite de la concentration spatiale des vergers

Cette tendance perdure d'ailleurs. On continue de planter des vergers dans des départements à fort risque de grêle comme le prouve la répartition des jeunes vergers en 1996 (carte 80). Ces jeunes vergers sont recensés comme n'étant pas encore en production dans les statistiques du SCEES (agreste données chiffrées N°94 -juillet 1997. Statistique annuelle agricole. Résultats 1996 p.93 à 101). Sachant qu'un verger de pomme -pour prendre l'espèce la plus cultivée- commence sa production vers trois ou quatre ans et atteint son maximum de rendement vers l'âge de huit ou neuf ans, on a là les victimes potentielles des chutes de grêle du siècle prochain. L'absence de contrôle de la

¹¹⁴ Des organismes potentiellement compétents existent déjà comme le GNEFA, ou la Commission Nationale des calamités agricoles voire la CCR ou l'ONIFLHOR même si ces deux derniers sont déjà plus spécialisés.



Carte 80 - L'évolution prévisible du verger français entre 1996 et 2000

localisation des vergers est le résultat des faiblesses du système "grêle" évoqués plus haut.

3.2.3- Une vision géographique du problème

Limiter les grandes emprises arboricoles pour favoriser une répartition spatiale du risque, adapter et disperser les zones d'approvisionnement des centrales fruitières seraient peut-être des formes d'auto-adaptation au risque à explorer. En effet, les averses de grêle touchent des espaces limités à quelques dizaines de kilomètres carrés au maximum. La destruction de la récolte est possible dans le cas d'une exploitation regroupée en un seul site de 30 hectares surtout si la parcelle est orientée dans le sens de progression des averses (en général SW-NE en France). En revanche, la dispersion de l'exploitation de 30 hectares en trois blocs de dix hectares espacés de quelques kilomètres serait un moyen d'échapper à une destruction totale du verger par la grêle. Ni les assureurs ni l'Etat n'ont la maîtrise totale (ce qui n'est pas souhaitable) ni même un moyen de contrôler efficacement la répartition spatiale des implantations de vergers notamment en vue de limiter leur concentration spatiale. Le moyen serait peut-être de distribuer les primes à l'arrachage ou à la plantation de nouveaux vergers de façon géographiquement sélective ou simplement de conscientiser les agriculteurs. S'il est impossible de freiner la concentration économique des exploitations arboricoles, peut-être la concentration géographique est-elle maîtrisable ?

3.2.4- Le problème de l'efficacité des aides : quelle gestion pour les risques agricoles ?

Avant d'envisager les effets des aides publiques comme l'incitation à l'assurance-grêle ou les subventions aux filets, il faut débattre du rôle des pouvoirs publics et en particulier de l'État dans la gestion des risques naturels.

3.2.4.1- Le rôle de l'État

C'est un large débat que nous ne prétendons pas résumer ni clore ici. Régulièrement, des économistes, juristes et autres spécialistes s'interrogent sur les rôles respectifs de l'État et du marché (assureurs privés) dans la prise en charge et la gestion des risques naturels. Plusieurs systèmes existent (Abrassart E., 1998) :

- le système tout État où les cotisations et les sinistres sont gérés par les pouvoirs publics (cas du régime des "calamités agricoles" en France, loi de 1964). La couverture est généralisée et obligatoire.

- le système adopte une couverture généralisée des risques mais la gestion est confiée aux assureurs. C'est le cas en France du risque-grêle sur les bâtiments et du régime dit des "catastrophes naturelles" (loi de 1982).

- le système est libre de contractation et géré par les assureurs (grêle sur récolte en France). Ce système prévaut pour de nombreux risques, même non-agricoles, en Allemagne.

G.L. Priest (1998) est un partisan de l'assurance. Il estime qu'elle est la plus apte à gérer le risque au moindre coût notamment par la modulation des tarifs en fonction de zones à risque alors que les couvertures obligatoires décrétées par les États établissent des taux de cotisation uniformes sur le territoire. Cette tarification unique ne favorise par la responsabilisation en matière de prévention des risques naturels. Les partisans de l'intervention publique rétorquent qu'il est rare que les pouvoirs publics n'interviennent pas, même dans le dernier des systèmes décrits ci-dessus, soit à l'amont, en incitant à l'assurance, soit *a posteriori*, en prêtant assistance aux sinistrés des grandes catastrophes (Allemagne).

Le problème est éminemment politique. Pour les risques agricoles, le système de gestion des risques naturels adopté est en relation directe avec le choix du type d'agriculture. Un système privilégiant le marché libre de l'assurance favorise les clients les plus solvables donc l'efficacité économique au risque d'une concentration toujours plus forte des capitaux. Le marché est-il régulateur ou amplificateur des inégalités économiques ? Une intervention systématique et dirigiste des pouvoirs publics peut quant à elle s'avérer anti-économique alors même qu'elle répond au principe de solidarité.

La France, où coexistent plusieurs systèmes (voir chapitre 5), est sur ce point un bon terrain d'étude et de débat. On constate que sur le long terme, l'aide de l'Etat a accompagné le développement économique de l'agriculture. Plus l'agriculture s'est développée et enrichie, plus les aides de l'État se sont institutionnalisées en devenant plus substantielles. Plus l'agriculture est riche, plus elle est vulnérable et plus elle a besoin d'aide. Les projets de système d'aide (Regnault de Beaucaron J., 1937) sont apparus dans les années 1930 pour se concrétiser dans les années 1960 (loi de 1964).

Le risque-grêle a suivi ce mouvement.

3.2.4.2- Le cas du risque-grêle : de l'utilisation des aides publiques

Le problème de l'efficacité des aides se pose pour l'incitation à l'assurance et l'aide à l'installation des filets paragrêle. Nous avons vu pour chacun de ces modes de gestion du risque-grêle les avantages et parfois les effets pervers de l'intervention financière

publique. Les débats ne sont pas clos quant aux modalités permettant une meilleure efficacité des aides.

L'incitation financière à l'assurance doit-elle être réservée aux petites exploitations qui ont des trésoreries fragiles ? Cela permettrait de limiter la concentration économique et spatiale des vergers. Faut-il aider les exploitations qui ont d'autres ressources (moins d'un tiers du chiffre d'affaire en verger, par exemple) ? Sinon, on renforce la spécialisation (ce qui, par rétroaction positive, amplifie le risque). Après une attitude plutôt attentiste, le Ministère de l'Agriculture a entrepris des enquêtes restées confidentielles, et dont la portée est limitée par la rétention de l'information de la part des assureurs.

Les collectivités territoriales ont-elles, peuvent-elles et doivent-elles avoir une attitude sélective quant à l'attribution des aides aux filets en concertation avec les assureurs afin d'équiper les parcelles les plus risquées (sélection géographique ou économique) ? Faut-il limiter l'aide à une partie de l'exploitation (problème du seuil minimum de surface protégée en filet pour la viabilité d'une grande exploitation avec station fruitière ou contrat à l'étranger) ?

Avec un système d'aides à trois niveaux (départements, Etat, Union Européenne), il est difficile d'avoir une politique cohérente et claire qui optimiserait l'efficacité des aides.

Ce ne sont là que quelques interrogations sur l'avenir de la gestion du risque-grêle. Le problème dépasse celui du seul risque-grêle. On l'a vu pour les assurances multirisques climatiques, la réflexion, au-delà des solutions techniques qui ne sont pas toujours du ressort du géographe-climatologue, doit concerner les risques climatiques en général et leur gestion par la société.

3.3- La gestion des risques climatiques en agriculture

Le grêle est un bon exemple de risque dont la gestion a varié dans l'histoire. À chaque époque correspond une relation homme/milieu qui détermine en partie la façon dont est géré le risque.

3.3.1- D'un déterminisme à l'autre

Il faut bien se garder de tomber dans le piège consistant à remplacer le déterminisme naturaliste de jadis dont les derniers feux ont embrasé les débats au sein de la géographie

française il y a quelques années, par un déterminisme structuraliste ou plus récemment économiste tout aussi réducteurs. Une des questions posées à propos de la grêle est de savoir ce qui, du naturel ou du social (pris au sens large), conditionne la géographie et la gestion du risque.

C. Friedberg (1992) distingue dans l'action du climat "trois types de déterminisme :

- celui qui serait dû à l'impact des conditions climatiques sur la mentalité des populations et sur l'organisation de la vie sociale,

- un autre qui serait lié au temps cyclique, celui des saisons qui impose un certain rythme de mode de subsistance et de vie sociale,

- enfin, le troisième se situe dans un temps plus ou moins long et correspond aux aléas atmosphériques qui peuvent avoir une influence sur le cours des événements" (p.59).

S'il y a eu une émergence de la notion de risque depuis une vingtaine d'années, c'est que la société a passé deux ou trois siècles à gérer ou tenter de dépasser des contraintes "stables". Les prouesses du génie civil et de la technologie en général ont permis de dépasser les contraintes les plus difficiles. En fait, les contraintes naturelles se sont muées en contraintes techniques voire financières.

3.3.2- Du risque à la contrainte

J. P. Marchand (1980, 1986) et J. Charre (1981) ont abondamment utilisé le terme de contrainte pour désigner "les interactions de l'environnement socio-économique et du milieu physique" (Marchand J.P., 1980). La contrainte climatique statique apparaît comme étant "essentiellement caractérisée par une stabilité temporelle" (Marchand J.P., 1980, p. 238). Elle est inscrite dans les moyennes climatiques et a le plus souvent été intégrée dans le géosystème ce qui laisse penser à certains que les paramètres climatiques ou physiques en général n'interviennent pas dans la production d'espace. La contrainte dynamique telle que la définit J.P. Marchand (1980, p. 239) se rapprocherait de la notion de risque. Dans ce sens c'est l'idée de risque qui est contrainte. C'est le fait que l'homme ait à l'esprit l'éventualité d'un dommage qui le pousse à modifier son attitude vis à vis des éléments naturels. Le risque est aléatoire, la contrainte est permanente ; la réalisation du risque est hypothétique mais la présence de la contrainte, réelle.

Les filets paragrêle fournissent un bon exemple de passage du risque à la contrainte. Si l'agriculteur travaille sans filet (!), la bonne santé économique de son entreprise dépend de l'occurrence ou non d'une chute de grêle. Il y a risque. Avec le filet,

l'arboriculteur n'est plus dépendant du risque-agent. Quelles que soient la fréquence ou l'intensité des chutes de grêle, celles-ci n'auront pas de conséquences sur le verger. Le risque est alors purement économique : c'est celui de la rentabilité ou non de l'investissement à long terme. Le risque-grêle est digéré, intégré à l'économie, socialisé. Il devient une contrainte économique d'origine naturelle. Finalement, on peut se demander si l'histoire de la gestion des risques n'est pas celle du passage du risque à la contrainte. Ce passage implique :

- une connaissance du risque et de son coût,
- un risque-agent suffisamment fréquent et intense pour justifier son intégration dans la gestion courante de l'exploitation agricole,
- une demande sociale, en l'occurrence la nécessité de protéger les fruits et non plus seulement de garantir les revenus comme le faisait l'assurance,
- une crise associant une recrudescence momentanée du risque-agent et une faillite de la gestion antérieure.

Ces mutations de la gestion du risque ne sont pas ubiquistes et irréversibles. Plusieurs modes de gestion coexistent dans l'espace et se succèdent dans le temps en fonction de l'acuité du risque-agent et des caractéristiques du risque-objet.

Cette intégration des risques, cette digestion forcée de la variabilité des phénomènes naturels par la gestion économique est favorisée par la recherche de toujours plus de sécurité, par le contrôle toujours plus serré des externalités.

3.3.3- La recherche de sécurité et le contrôle des externalités

Comme le prouve l'évolution de l'agriculture en France et dans les pays dits "développés", la recherche de la rentabilité économique s'accompagne d'un contrôle de plus en plus lourd des aléas climatiques avec pour objectif la sécurité des approvisionnements et donc des revenus non seulement pour l'agriculteur mais aussi la filière agro-alimentaire. Le désendettement des agriculteurs ira sans doute dans le sens d'une recherche de la sécurité de l'approvisionnement alors que par le passé, les dettes phénoménales accumulées par l'agriculture donnaient la priorité à la recherche de la sécurité financière (assurance). Les agriculteurs doivent-ils être les seuls à supporter les frais de la protection climatique (antigrêle, antigel...) alors que ce qui pousse à toujours plus de protection (exigence des industries agro-alimentaires et des consommateurs) leur échappe en grande partie ?

Ce besoin de sécurité vient, d'après R. Vié le Sage (1991) du fait que "nos sociétés sont de plus en plus vulnérables. Cela peut sembler paradoxal à une époque où elles devraient théoriquement mieux maîtriser les risques auxquels elles sont exposées"(p.171). C'est peut-être aussi le signe de l'abandon du mythe prométhéen pour la vision d'une nature non modifiable. Au lieu de modifier la nature, on cherche à s'en protéger.

Assurance et filet sont une simple attitude de compensation du risque et non d'élimination du risque. Il ne s'agit pas de prévention comme peut l'être la lutte active. Ce sont des solutions de facilité qui prévalent dans la gestion d'autres risques naturels (érosion côtière). Cette attitude ne change pas le problème qui est la concentration spatiale et économique des capitaux, sources de nouveaux déséquilibres dans quelques années pour le gel par exemple. Peut-on indéfiniment augmenter les protections contre le climat sans ce soucier de l'adaptation des cultures au climat donc de la localisation des cultures ?

Paradoxalement, les progrès technologiques ne mettent pas l'homme à l'abri des aléas naturels. Le monde que nous promet la mondialisation de l'économie augmente le poids relatif des risques et contraintes naturelles locales. Jusque dans les années 1970, les déséquilibres politiques et économiques forts entre les régions et les nations masquent les contraintes naturelles, en particulier celles liées au climat. Dans le monde ouvert du XXI^{ème} siècle, où, suppose-t-on, à terme les conditions sociales et économiques peuvent s'uniformiser, la contrainte ou la ressource climatique devient un avantage ou un handicap comparatif. La perte de marchés à cause de chutes de grêle peut être fatale à des exploitations ou mettre en difficulté des bassins de production. Des risques comme la sécheresse ou le gel, intégrés ou non sous la forme d'irrigation ou de protection antigel permanente, pénaliseront certaines régions. La carte des climats peut devenir déterminante dans une future spécialisation mondiale de l'agriculture.

Conclusion

*** Les phases de récupération de la crise**

Ainsi, les premières mesures techniques sont souvent cindynogènes. Chacun des acteurs a développé des réactions susceptibles de faire éclater le système : crispation des assureurs, attentisme de l'Etat, choix par les agriculteurs de méthodes de lutte à l'efficacité douteuse. Il s'agit de l'ajustement parfois brutal des mécanismes classiques de

gestion du risque-grêle. La véritable sortie de la crise n'intervient que lors de la prise de conscience collective de la crise et de la prise de contrôle de sa gestion. On passe de la tactique, au sens donné par Ch. P. Péguy (1988), qui est l'ajustement *ex post*, au jour le jour, de la gestion de l'exploitation au risque climatique à la stratégie ou la gestion du risque est planifiée et déterminée en fonction d'objectifs et non plus par réaction. La digestion de la crise se passe sous contrôle. Progressivement, la gestion de la crise redevient gestion du risque.

La gestion du risque-grêle fait preuve d'une étonnante adaptabilité. Au coeur de la crise se sont mises en place des sorties du système, de nouveaux moyens de gestion du risque (en particulier les filets paragrêle) ont émergé. Le nouveau système de gestion du risque-grêle, s'il conserve globalement la structure de l'ancien, est plus équilibré.

* Le nouveau système de gestion du risque-grêle (figure 58)

La crise-grêle a enrichi et diversifié le système de gestion antérieur. Elle a marqué la fin de la toute puissance de l'assurance. L'assurance, notamment sur les cultures fruitières, atteignait des coûts prohibitifs et les assureurs eux-mêmes souhaitaient se désengager. De plus, en cas de fléaux atmosphériques à répétition, le besoin d'assurance est inversement proportionnel à la solvabilité des agriculteurs. Plus ces derniers ont besoin d'aide, plus cette aide est chère. Les arboriculteurs exclus de fait de l'assurance se sont tournés vers d'autres formes de protection comme les filets ou la lutte active.

Dans l'histoire de la gestion du risque-grêle, l'assurance n'est ni la panacée ni le stade ultime et unique de la protection même si elle en reste le point fort. Ce n'est pas à proprement parler une protection mais une compensation de revenu. Or l'évolution de l'agriculture, l'augmentation de la taille des exploitations, le développement des exportations... ont modifié le besoin de protection des arboriculteurs. L'installation de stations de conditionnement des fruits incorporées à l'exploitation exige la fourniture de fruits et non la seule compensation des revenus. L'assurance ne rembourse pas les parts de marché perdues à l'exportation.

Les filets sont l'exemple de la diffusion d'une innovation qui existait à l'état confidentiel et qui s'est répandue suite à la crise. Mais il est difficile de distinguer ce qui tient à la crise de ce qui aurait malgré tout évolué. Les mutations de l'agriculture française auraient, même sans la crise que l'on a connue, dicté certains changements. Le filet répond à la fois aux nécessités de protection contre la grêle mais aussi aux exigences de qualité et de préservation des récoltes fruitières. Il s'impose comme un mode de gestion

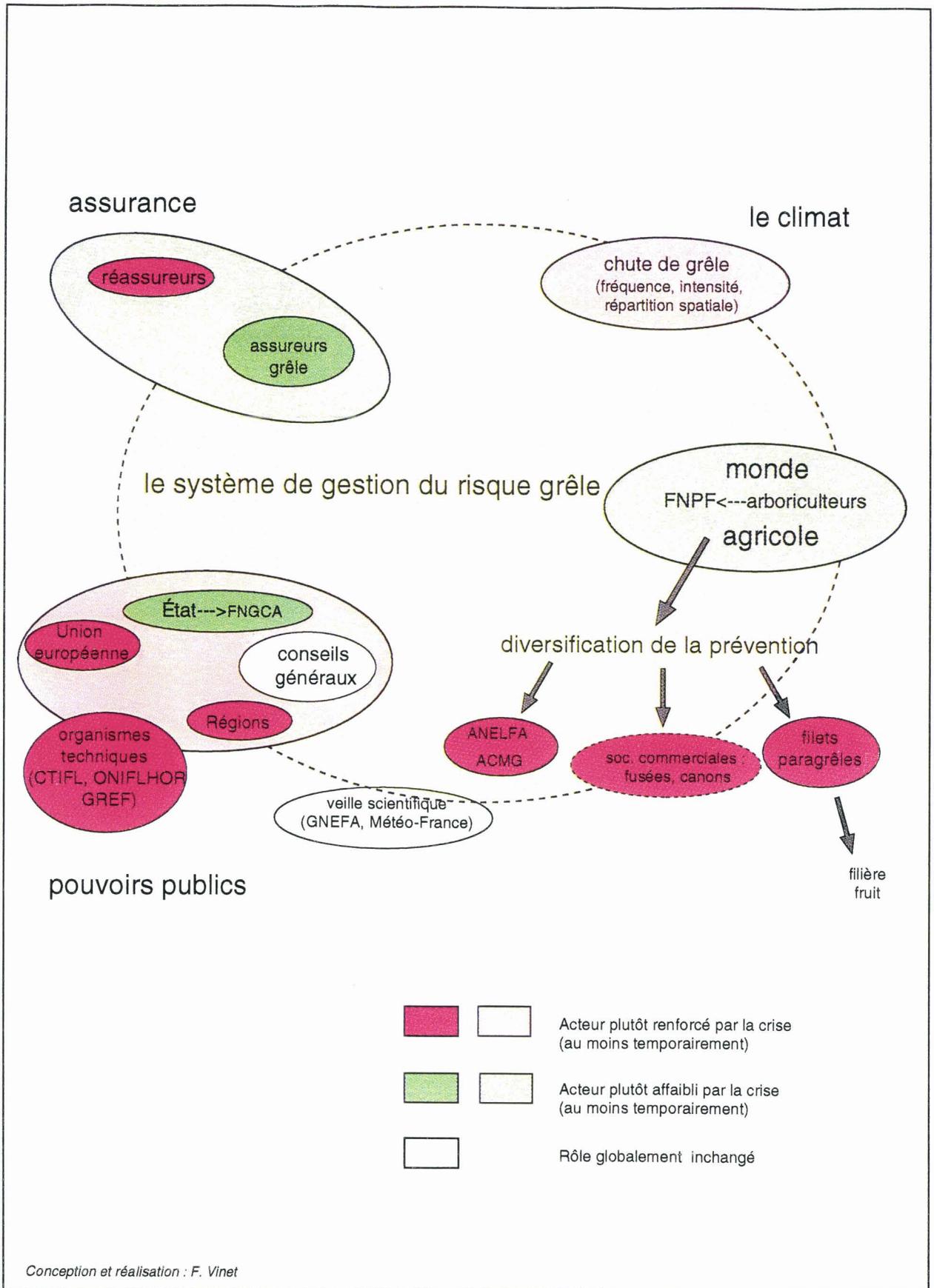


Fig. 58 - Le système de gestion du risque-grêle après la crise des années 1992-1995

du risque complémentaire de l'assurance. C'est une nouvelle étape dans l'évolution historique de la gestion du risque-grêle.

Mais pas plus que l'assurance, le filet n'est applicable à la totalité du verger français. La lutte active de type ANELFA requiert, quant à elle, de fortes densités agricoles. Il faut réfléchir à d'autres modes de gestion du risque-grêle. Une alternative peut être la répartition géographique du risque-objet à l'échelle de l'exploitation ou du bassin de production. L'apaisement des tensions dans le système de gestion du risque-grêle ne dispense pas de réflexions complémentaires notamment sur ce problème de la concentration spatiale du risque-objet.

La diffusion du filet, les progrès en matière de lutte active montrent que le système de gestion du risque-grêle est évolutif. Il s'adapte en permanence aux forçages extérieurs qu'ils soient d'origine naturelle (variabilité du risque-agent) ou socio-économique (évolution de l'agriculture). P. Pagney (1994) insiste sur le fait que la variabilité des phénomènes climatiques fait partie de leur identité. L'homme doit en tenir compte. La nature oblige parfois l'homme à changer ses grilles d'interprétation d'un phénomène climatique. Ce fut le cas pour la grêle après les fortes chutes de grêle de 1971 puis celles des années 1992 à 1994.

Conclusion de la troisième partie

La crise, un élément nécessaire à l'adaptation de la gestion des risques naturels ?

1- Le système de gestion du risque-grêle malmené par la crise

On observe peu de secteurs économiques où le risque climatique prend autant de place dans la stratégie économique et les choix gestionnaires des entreprises qu'en agriculture. Ce sont les arboriculteurs qui sont les plus concernés par ce risque-grêle car ils cultivent des produits qui seront commercialisés à l'état brut. Le risque-grêle est intégré dans la gestion des exploitations et dépend de paramètres climatologiques (fréquence de la grêle dont les agriculteurs n'ont souvent qu'une connaissance empirique) et économiques (santé de l'entreprise, coût de l'assurance...). **Parfois, il représente le deuxième poste financier de l'exploitation** (assurance, filet paragrêle...) après la main- d'oeuvre. Les moyens de gérer ce risque sont nombreux et le recours à tel ou tel n'est jamais établi une fois pour toute. L'ensemble des modes de gestion du risque et des acteurs qui les contrôlent forment un système de gestion disposant d'une certaine cohérence. Les éléments de ce système sont interdépendants et toute modification de l'un d'entre eux (évolution des conditions d'assurance, de l'intervention de l'État, des techniques de lutte active...) a des conséquences sur les autres.

La recrudescence des chutes de grêle lors de trois années consécutives (1992, 1993 et 1994) a donné lieu à une grave remise en cause de l'équilibre du système. Cette crise fut un révélateur des dysfonctionnements longtemps cachés du système. **Les causes de cette crise sont bien sûr naturelles et répondent à la variabilité du risque-agent** mais elles tiennent aussi à **un terreau favorable issu de l'évolution pluridécennale de l'agriculture**. L'agriculture encore familiale et autoconsommatrice des années 50 s'est transformée en une agro-industrie orientée vers la vente et la recherche de rentabilité économique. Les besoins en protection contre les risques climatiques se sont accrus et modifiés. Le besoin d'assurance s'est porté sur des cultures fragiles (fruits et légumes). Or en l'absence d'une forte sinistralité dans les années 1970 et 1980 et à cause d'une forte concurrence entre les compagnies, le risque-grêle sur fruit est resté sous-tarifé ce qui a entraîné l'augmentation de la part des fruits dans le portefeuille des assureurs. A cela se sont ajoutées des circonstances aggravantes fragilisant les différents acteurs, assureurs et arboriculteurs principalement. Finalement,

la crise du début des années 1990 fut en premier lieu une **crise de l'assurance** qui était et demeure le principal mode de gestion du risque-grêle. Elle a marqué **un palier dans le taux de couverture des cultures par l'assurance**. Les trois années grêlifères ont fait prendre conscience aux assureurs et aux arboriculteurs que certaines cultures ne sont pas économiquement assurables et qu'il fallait trouver d'autres modes de protection.

2- Un système sous influence

Le système de gestion du risque-grêle est très sensible aux forçages extérieurs. c'est en fait un système à structure faible, dérivant au gré des pressions et contraintes exercées par des éléments qui lui sont en grande partie extérieurs.

*Le premier de ces forçages est climatique et a trois origines.

- La variabilité du climat, particulièrement aiguë dans le cas de la grêle, influence l'évolution du système en particulier au travers des paroxysmes comme les fortes chutes de grêle de 1971 et celles des années 1992 à 1994. Ces paroxysmes obligent les acteurs à un *aggiornamieto*, à adapter leurs méthodes de lutte. **La variabilité est l'essence même du risque et nier la possibilité d'augmentations brutales et imprévisibles de la fréquence et de l'intensité des chutes de grêle revient à se faire illusion sur la nature et le niveau réel du risque**. C'est ce qui explique la brutale remontée des cotisations d'assurance dès le début des années 1990. La vigilance des assureurs face au risque-agent avait été endormie par plusieurs années de sinistralité faible.

- L'autre forçage exercé par le climat est spatial. C'est lui qui détermine les zones à risque. **La géographie du risque** est, nous y reviendrons, essentielle à la compréhension de la crise et de la gestion du risque en général. La crise a été générée en partie par une concentration et un développement des vergers dans les régions grêlifères. Il y a eu **manque de précaution** dans l'implantation des vergers.

- Enfin, le troisième forçage tient aux tendances évolutives à moyen et long terme du risque-agent. J. Dessens (1995) indique que les chutes de grêle sont corrélées positivement avec la température nocturne. Toutes choses égales par ailleurs, l'augmentation annoncée de la température du globe pourrait accroître le nombre et l'intensité des chutes de grêle mais ce thème demande à être approfondi.

* Le deuxième forçage est de nature économique.

Les nécessités de la compétition économique s'accompagnent d'une concentration des activités dans des bassins de production (Basse vallée du Rhône, Moyenne-Garonne) de plus en plus spécialisées. Il n'y a plus de diversité culturelle. **La monoculture accroît le risque de déstabilisation** des économies de ces bassins de production particulièrement vulnérables à une chute de grêle massive ou tout autre accident climatique. La recherche de rentabilité, les nouvelles exigences de qualité des produits, **l'intégration de l'agriculture aux circuits de distribution commerciaux** en particulier dans la filière-fruit ont augmenté la **nécessité de réduire le poids des incertitudes climatiques sur les récoltes**. L'agriculture est tenue d'alimenter les marchés et les centrales de conditionnement des fruits. Ceci s'est traduit, pour le risque-grêle, par l'introduction des filets paragrêle, mais le même phénomène se produit pour d'autres risques climatiques comme le gel ou la sécheresse.

* Le troisième forçage est d'ordre social voire psychologique.

Il est lié au précédent mais l'évolution de l'agriculture dépasse le simple aspect économique. Le besoin de sécurité toujours plus fort répond en partie à la perte des solidarités qui, il y a deux siècles, assuraient tant bien que mal la prise en charge des fléaux naturels. Les représentations mentales du milieu changent, la perception du climat évolue et ces modifications accompagnent plus qu'elles ne découlent des transformations sus-nommées. Il serait faux de dire que les évolutions économiques conditionnent celles de la gestion des risques climatiques. La réciproque est vraie car le choix d'un développement durable de l'agriculture dépend aussi d'une bonne gestion des risques.

3- Force et faiblesse du système : adaptabilité *ex post* mais faiblesse *a priori*

Ces forçages font de la gestion du risque-grêle un système bien peu gouvernable. C'est sans doute là l'une des causes de la crise des années passées. Le système de gestion du risque-grêle en France n'est pas à proprement parler gouverné ni gouvernable dans son état actuel. **Ce type de crise serait-il évitable si une gestion prospective du risque existait**, si l'on pouvait anticiper, préparer, simuler des crises ?

Il faut reconnaître au système de gestion du risque-grêle une **forte aptitude à s'adapter** aux changements naturels ou socio-économiques, à innover, à intégrer de nouvelles formes de protection. En revanche, cette adaptabilité se paie d'une impuissance

coupable face aux situations de crise. Il semble que **plus un système est souple et adaptable *a posteriori*, moins il est apte à la gestion anticipée des crises.** Pour le système des catastrophes naturelles (loi de 1982), le forçage est législatif, ce qui donne un système fortement structuré, à première vue solide, mais incapable de se remettre en cause.

4- Un système renouvelé mais fragile

Finally, la **crise** a eu cette vertu **d'accélérer des modifications de la gestion du risque-grêle** qui étaient sans doute rendues inéluctables par les conditions du développement de l'agriculture. Elle a précipité l'abandon du tout-assurance pour les vergers et favorisé la diversification des moyens de prévention ou de protection. La lutte active se maintient dans le Sud-Ouest et s'étend dans la vallée du Rhône. Les filets paragrêle équipent déjà 10 % du verger pommier. Ils sont une solution pour les vergers devenus inassurables car trop coûteux. Mais l'émergence du filet est significative car elle montre une limite de l'assurance, qui compense les revenus mais ne remplace pas les fruits. La protection du filet garantit la qualité des fruits et l'approvisionnement des stations fruitières et des marchés à l'exportation. Elle répond aux exigences d'une agriculture fortement intégrée au système économique en matière de sécurité et de contrôle des externalités. **Dans ce système, le risque climatique disparaît pour laisser place à la contrainte financière de l'amortissement du filet paragrêle.**

Mais le **filet n'est pas une panacée**. Outre la contrainte financière, cette technique de protection présente l'inconvénient de manquer de souplesse par rapport à l'assurance. En cas de gel, par exemple, on peut ne pas s'assurer, mais si l'arboriculteur a choisi les filets, il devra les rembourser même si les fruits ont été détruits par le gel. Le filet n'augmente-t-il pas le coût réel de la protection donc les charges pesant sur l'exploitation donc son développement à moyen et long terme ? Un bilan pourra être fait dans quelques années.

5- Une forte composante spatiale dans la gestion du risque-grêle

On a vu que la crise qu'a traversée l'assurance-grêle était en partie due à une toujours plus grande concentration spatiale des capitaux assurés. Les problèmes de la grêle touchent quelques bassins de production bien définis (vallée du Rhône, vallée de la Garonne) où se concentrent toujours plus de cultures fragiles. A l'échelle locale, des solutions visant à disperser géographiquement les parcelles d'une exploitation de façon à

éloigner le risque de voir toute la récolte emportée par une même averse de grêle serait envisageable lorsque les conditions topographiques et édaphiques le permettent. De cette souplesse spatiale, le verger français ne prend guère le chemin. La concentration spatiale des vergers se poursuivra dans les prochaines années. Les filets paragrêle, quant à eux, au moins pour les installations lourdes, fixent les vergers pour quinze ou vingt ans. Cette concentration spatiale doublée d'une spécialisation géographique est dangereuse ; elle forme un terreau favorable à l'éclosion ou l'amplification des risques naturels : gels massifs, risques phytosanitaires...

Conclusion générale

Le risque résulte de la **convergence de facteurs naturels et humains** qui ont leurs propres modes de fonctionnement et leurs propres logiques. La définition d'un risque dépend d'une part des modalités d'action du risque-agent (les chutes de grêle) et de l'autre des caractéristiques du risque-objet (en l'occurrence les récoltes). Qu'en est-il de leurs parts respectives dans la définition globale du risque ? Comment s'explique au vu de nos analyses la géographie du risque-grêle en France ? Le système de gestion du risque-grêle en France est-il efficace ?

Ces questions qui sous-tendaient notre problématique générale ont trouvé des éléments de réponse même si certains aspects restent à approfondir. Au terme de cette étude, il convient donc de comptabiliser acquis et incertitudes autour du risque-grêle en France.

1- La climatologie géographique des chutes de grêle

Les premiers résultats concernant la **géographie de la grêle d'été** (qui constitue le risque-agent) ont été obtenus grâce au croisement de plusieurs sources, croisement rendu nécessaire par l'insuffisance des sources prises séparément et le caractère aléatoire et extrêmement variable de la grêle. Quelles sont donc les régions les plus grêlées en été en France ?

Tous les résultats convergent pour désigner le **Sud-Ouest comme la région française la plus grêlifère** en été. C'est dans le périmètre délimité par les villes de Marmande-Pau-Saint-Gaudens-Montauban que la fréquence de la grêle semble la plus forte. Le nombre moyen de chute de grêle en été avec grêlons de diamètre égal ou supérieur à 8 mm est proche de un. De plus, la régularité interannuelle de la grêle augmente le risque de destruction des récoltes. A cela plusieurs facteurs contribuent :

-les facteurs de la circulation générale : l'ouverture océanisante pourvoyeuse de fronts instabilisants ; la proximité des centres dépressionnaires d'été qui fournissent des masses d'air chaud et humide.

-la situation en latitude, la topographie en large cuvette assurent un fort échauffement des basses couches au printemps et en été.

-Selon la situation synoptique, les reliefs bordiers (Pyrénées, Massif central) favorisent les convergences dynamiques en basses couches ou la stagnation des masses nuageuses (Lambert R. et Vigneau J.P., 1981).

Dans un Sud-Ouest sans doute plus océanique que méditerranéen, la **grêle est un trait caractéristique du climat estival**. Elle est inscrite dans le climat, même si sa fréquence est rarement supérieure à une chute par an en un point donné. Pierre Pagney (1994) rappelle que la plupart des phénomènes climatiques responsables des risques naturels sont connus et que la variabilité de ces phénomènes fait partie intégrante de la carte d'identité climatique d'une région.

Au-delà du Sud-Ouest, c'est tout un espace grêlifère qui prend la France en écharpe **entre les Pyrénées et le couloir séquano-rhodanien** en passant par le Massif central et ses vallées (Limagne, vallée de la Loire). Le Nord-Est n'est pas épargné. Cette diagonale grêlifère est à la croisée des descentes frontales détachées de la circulation tempérée et des remontées d'air chaud subtropical.

A une échelle plus vaste, continentale voire mondiale, **la grêle est l'apanage des marges climatiques**. Les espaces fortement grêlés (nord de l'Inde, Middle-West, Transvaal) ne correspondent pas aux grands climats zonaux. Sont particulièrement grêlifères les espaces de **contact entre la zone tempérée et les climats subtropicaux** comme le sont le Sud-Ouest français ou les climats appelés, faute d'une définition plus claire, "climats de transition" comme le climat lorrain. La situation, la configuration topographique régionale interviennent énormément dans la grêligénie d'une région.

Enfin, l'un des enseignements importants de cette étude est d'avoir montré l'existence d'une **corrélation** significative **entre les indicateurs assuranciers** (un des meilleurs indicateurs étant le taux de cotisation plancher par type de culture) **et les paramètres physiques des chutes de grêle** mesuré par grêlimètre. La carte des taux de sinistralité confirme en gros celle de la fréquence de la grêle. En retour, la grêlimétrie se révèle être un bon moyen de mesure prospective des dommages.

2- La géographie du risque-grêle

La géographie du risque-grêle est issue d'une sorte de **concentration-gigogne des risques** sur certaines régions. À la répartition du risque-agent se superpose la géographie du risque-objet. La géographie du risque-grêle se révèle beaucoup plus différenciée que la géographie du seul aléa.

La **concentration économique** du risque se fait **sur les cultures fruitières** en particulier les **pommes**. Les fruits sont sensibles même aux chutes de grêle les plus faibles. Ainsi est-ce autant la fréquence de la grêle en un lieu que l'intensité des chutes qui est corrélée aux dommages sur fruits.

À la concentration économique s'ajoute, depuis une vingtaine d'années, une **concentration spatiale doublée d'une spécialisation agricole**. Les vergers se sont développés dans le sud de la France, dans des départements très grêlifères. La géographie du risque-grêle en France est à l'intersection de l'intensité du risque-agent et de celle du risque-objet (carte 81).

- 1- Les régions à fort risque : elles combinent une forte vulnérabilité et une forte exposition aux chutes de grêle. Ce sont les régions fruitières du sud de la France : moyenne vallée de la Garonne, couloir rhodanien au sud de Valence, Vallée de la Durance. Le risque grêle est très présent dans des régions périphériques de ces bassins fruitiers : Gers, Dordogne, Limousin, Lyonnais et Maconnais. Les chutes de grêle sont fréquentes et intenses mais les enjeux sont moindres (cultures dispersées ou moins sensibles).
- 2- Les régions à risque moyen : Elle regroupent les régions viticoles comme le Languedoc ou l'Alsace où les chutes de grêle sont moins fréquentes que dans le Sud-Ouest. On peut aussi ranger dans cette catégorie le Val de Loire. Les cultures sensibles couvrent des surfaces assez vastes mais le risque-agent est moins intense que dans le Sud-Ouest. Pour la Corse, nous n'avons pas de renseignement quant aux chutes de grêle, mais les taux de cotisation planchers pratiqués laissent penser que ces dernières sont moins fréquentes que dans les Alpes du Sud ou le Couloir rhodanien. La Corse est protégée l'été par une situation anticyclonique. La probabilité de chute de grêle serait concentrée sur l'automne ou l'hiver. Les cultures vulnérables sont localisées dans la plaine d'Aléria, en Haute-Corse.
- 3- Les régions à risque faible : Elles occupent les trois quarts de la France et associent :
 - les espaces grêlifères mais sans espace cultivé. Ce sont les zones de montagnes principalement,

Conclusion générale

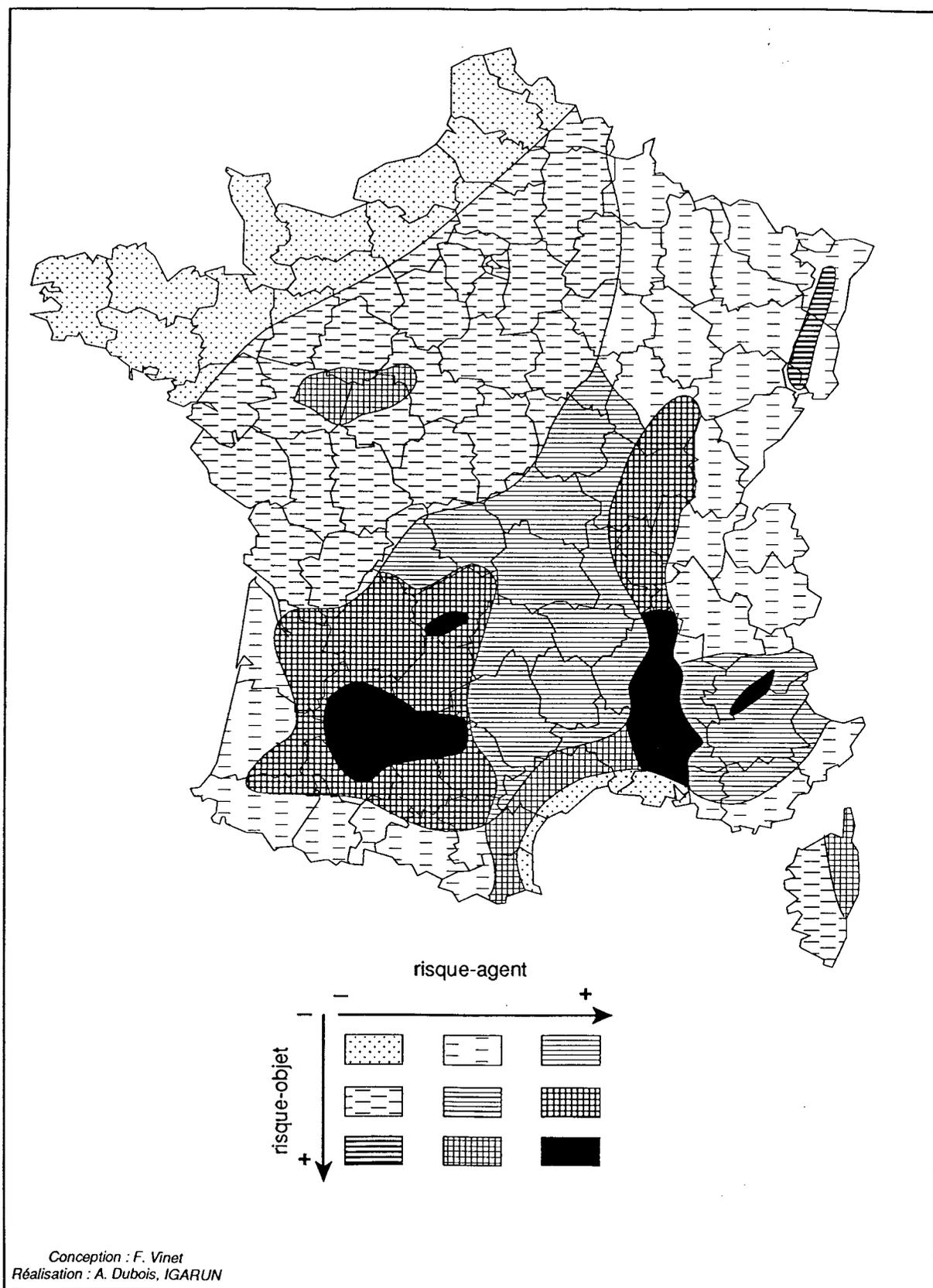
- les espaces assez grêlifères avec des espaces cultivés dispersés et des cultures vulnérables peu étendues (Nord-Est),
- des espaces peu grêlifères avec (Finistère) ou sans culture sensible (côtes de la Manche, Landes, côtes méditerranéennes),

Le cas du Bassin parisien (depuis l'Aisne jusqu'au Poitou) est particulier. Les cultures couvrent de vastes espaces et la grêle n'est pas inconnue mais ce ne sont pas des cultures sensibles, l'assurance est très répandue. le risque est donc faible de voir l'économie agricole déstabilisée par une chute de grêle.

Localement, les particularités géographiques interviennent pour renforcer le risque-grêle sans qu'il soit toujours possible de dire si c'est le caractère grêligène des orages ou la fréquence des orages en général qui sont renforcés. Quelle qu'en soit la cause, les **versants sous le vent semblent particulièrement grêlifères**. C'est le cas sur le versant nord des Pyrénées et dans les vallées du centre-est de la France. Les côteaux et versants du Beaujolais, du Lyonnais ou du Forez orientés à l'est sont particulièrement exposés au risque-grêle.

Il reste cependant des zones d'ombre dans les mécanismes et la géographie du risque-agent.

Le premier est l'**ambiguïté des rapports entre orage et grêle**. Si toutes les grosses chutes de grêle sont liées à des orages, tous les orages ne donnent heureusement pas de la grêle et il est difficile de prévoir quelle cellule orageuse sera grêligène et quelle autre ne le sera pas. Les prévisions (notamment celles de Météo-France) sont faites comme si, à l'échelle de la circulation générale, la grêle était une déclinaison du phénomène orageux. Il est à déplorer l'absence d'étude synthétique sur les orages en France et les risques qui leurs sont liés. Il est vrai que le **phénomène orageux est multiforme** et la comparaison entre la grêle et l'aléa orageux demanderait une définition précise de ce dernier : étudie-t-on les rapports grêle-intensité pluviométrique, grêle-activité électrique (Changnon S.A., 1992), grêle et niveau kéraunique, ce dernier servant d'identification de l'orage par Météo-France ? Ces aspects n'entraient pas exactement dans notre problématique située à une autre échelle mais il y a là matière à recherche d'autant plus que les outils et les sources (Radar, détection de la foudre...) se sont répandus ces dernières années. Ces recherches permettraient sans doute d'apporter des conclusions intéressantes sur la géographie fine de la grêle (rôle des forêts, des aspérités topographiques...).



Carte 81 - Les espaces du risque-grêle en France

L'espoir d'une meilleure connaissance de la grêle réside dans l'**extension des réseaux de grêlimètres** aux régions "sensibles". Cet outil de mesure doit par ailleurs être impérativement pérennisé car nous avons montré que c'est l'allongement des séries statistiques qui améliore la qualité des données plus que la densification des réseaux grêlimétriques. Dans des régions peu exposées au risque-grêle (Bretagne), l'**approche événementielle** est plus indiquée. Elle peut se faire par des sources comme la presse (Argus de la Presse/GNEFA) qui doivent être valorisées. Les coupures de presse peuvent servir aussi à une estimation semi-qualitative des **impacts de la grêle en zone urbaine**.

3- La gestion du risque

3.1- L'efficacité du système de gestion du risque-grêle

Le **risque-grêle**, comme tous les risques d'origine naturelle et plus encore les risques technologiques, **n'est pas "donné" mais "construit"**. Chaque **risque naturel a une histoire**. Il apparaît, change de modalités, est géré de manière différente selon les époques...et peut disparaître par atténuation du risque-agent ou après évolution du risque-objet. Le risque-sécheresse a été fortement amplifié ces trente dernières années en France par l'extension du maïs (Dubreuil V., 1994). La gestion du risque doit donc tenir compte d'une part des tendances et de la variabilité du risque-agent mais aussi du contexte socio-économique et de ses évolutions. L'histoire de la gestion du risque-grêle n'est liée qu'en partie à celle de l'assurance. Depuis 1960, l'assurance-grêle est passée dans une phase de concentration spatiale plus que de diffusion. **La crise des années 1992-1995 fut en quelque sorte une crise de croissance de l'assurance dont l'activité avait été dopée par l'assurance des cultures fruitières**. Certains vergers se sont révélés inassurables. Déjà après les fortes chutes de grêle de 1971, le système avait subi quelques adaptations. Celles qui ont suivi la crise-grêle du début des années 1990 étaient sans doute pour une part inévitables, mais la variabilité du milieu a eu un rôle de déclencheur, d'accélérateur des évolutions de la gestion du risque-grêle.

En fait, si l'**assurance-grêle** reste et restera un **moyen efficace** de garantir les agriculteurs contre les pertes de revenus dues à la grêle, la crise des années 1990 donne à réfléchir sur les **limites de l'assurance** comme mode de gestion du risque-grêle sur les cultures fragiles.

L'assurance ne protège pas contre les pertes de fruits (ou autres produits), elle compense seulement des revenus non perçus. Donc les activités qui dépendent à l'aval de la fourniture de fruits (marchés à l'exportation, stations fruitières) sont pénalisées voire menacées par l'absence de produits. Une autre des contradictions de l'assurance est qu'elle protège mieux les riches que les nécessiteux. En effet, un agriculteur en difficulté (à cause d'aléas climatiques par exemple) n'aura pas forcément les moyens financiers de s'assurer dans de bonnes conditions ce qui accroîtra sa vulnérabilité.

L'introduction des filets paragrêle a été une réponse partielle aux insuffisances de l'assurance. Méfiants au début, les assureurs ont accepté voire encouragé l'extension des filets qui ont assaini le marché de l'assurance en retirant des clients trop coûteux. De même, on observe que la demande des agriculteurs en lutte active est forte en période de recrudescence des chutes de grêle. Ce n'est donc pas la seule assurance qui est adaptée à la gestion du risque-grêle ; **c'est la pluralité du système, permettant d'adapter chaque mode de gestion à chaque risque-objet, qui garantit son efficacité.**

Il ne nous appartenait pas dans une étude à l'échelle nationale de trancher définitivement sur l'évaluation de la **lutte active** ou sur la rentabilité économique à long terme des filets paragrêle. L'une et l'autre requièrent des études monographiques à échelle fine. Les filets et les méthodes de lutte active, dont le développement a été précipité par la crise sont la preuve de **l'adaptabilité du système de gestion du risque-grêle.**

3.2- Le rôle bénéfique des crises à moyen et long termes

La recrudescence des chutes de grêle a finalement eu, dans un système de gestion ouvert, des effets bénéfiques dans le moyen terme . Elle a accéléré les transformations dans la gestion du risque et obligé celle-ci à progresser, à s'adapter aux nouvelles conditions socio-économiques.

A ce titre, une **optique comparative** avec les régimes d'indemnisation des calamités agricoles ou des catastrophes naturelles se révélerait intéressante. L'adaptabilité du système de gestion du risque-grêle contraste avec la rigidité des autres systèmes de gestion des risques d'origine naturelle. On l'a vu, aucun système n'est parfait, ni le système "grêle", libre, évolutif mais incomplet, ni ceux, universels mais déresponsabilisants et rigides des régimes précités. **Mais les régimes "catastrophes naturelles" et "calamités agricoles" sont des systèmes à structure forte dirigés par le principe intégrateur qu'est la loi.** Ces **systèmes fermés**, sans alternative face à ce que propose la loi, ne favorisent pas les "bifurcations" c'est-à-dire les adaptations spontanées

du système. Cette **absence d'adaptabilité** des systèmes à assurance obligatoire tient au fait que ce sont des systèmes sans crise. **Les crises**, donc les remises en cause et l'adaptation de la gestion des risques, **sont gommées**, voire empêchées, **par le cadre législatif et la garantie illimitée de l'État** en matière d'indemnisation.

3.3- La nécessité d'une articulation des échelles

L'analyse de la crise-grêle a démontré, par l'absurde, la nécessaire cohérence entre les échelles de la gestion des risques naturels. Avec la spécialisation agricole des régions françaises, il est de plus en plus **difficile de maintenir une cohérence nationale dans la gestion du risque-grêle**. Des **oppositions entre régions s'accroissent**. Au coeur de la crise du système "grêle" des années 1990, les céréaliers (du Bassin parisien) ont montré quelque exaspération à devoir payer pour compenser les pertes du régime d'assurance-grêle sur les cultures fruitières.

Une des causes aggravantes de la crise fut une déconnexion entre l'échelle locale et l'échelle nationale. Les préoccupations des assureurs au niveau national sont plus orientées vers les contraintes des marchés internationaux (réassurance) que proches des arboriculteurs. De plus en plus, l'agriculture s'inscrit dans un contexte international contraignant. L'introduction des filets paragrêle a répondu en partie à la nécessité de protéger les produits agricoles afin d'assurer l'approvisionnement des marchés à l'exportation. **Les marchés internationaux sont très sensibles aux accidents climatiques**. Les agriculteurs d'un bassin de production peuvent perdre d'importants marchés suite à des chutes de grêle massives. A l'heure de la mondialisation, les climats et les risques, les contraintes et les aménités qui leurs sont associées, pourraient devenir plus discriminantes qu'elles ne le furent par le passé.

C'est en fait aux échelles fines que les perspectives sont les plus prometteuses tant pour la connaissance du risque que pour sa gestion.

L'une d'elles concerne les Systèmes d'Information Géographique (SIG), depuis longtemps employés par les climatologues et hydrologues (Feyt G. et *alii*, 1995) pour étudier les aléas physiques, comme nous l'avons fait pour la cartographie des données grêlimétriques. **Les SIG nous paraissent porteurs d'efficacité dans le traitement des données socio-économiques** comme les coupures de presse. Ils représentent un outil sans doute encore sous-exploité par les assureurs et permettraient :

- d'**estimer** les surfaces des averses de grêle, soit à partir de la grêlimétrie, soit à partir des données des dommages (F. Vinet, 1994c). Non seulement ce type d'étude permettrait d'en savoir plus sur les caractéristiques physiques des orages de grêle mais on pourrait envisager de l'appliquer aussi au calcul des Sinistres Maximums Probables (SMP) (Fort D. et Lauré D., 1996) en reliant la surface des plus grosses averses à une densité du bâti ou des cultures.

- de **relier** les capitaux assurés à l'ensemble des cultures d'une commune part de marché

- de **gérer** automatiquement les tarifs de base en fonction de la sinistralité

- d'**intégrer**, comme le préconise J.E. Thornes (1991), dans une même base de données, des renseignements sur le risque-agent (grêlimétrie, données Météo-France, données Radar...), les caractéristiques du risque-objet (type de culture, productivité des vergers....) et le coût des dommages.

- de **choisir**, pour l'installation de filets paragrêle, les parcelles les plus grêlifères.

- de **combiner** l'étude de plusieurs risques agricoles d'origine climatique (grêle, gel, tempête...) pour établir dans un périmètre donné ce que L. Faugères (1991) appelle un "**complexe de risques**" (p.190). Ceci serait particulièrement bienvenu dans le cadre du développement des assurances multirisques agricoles.

Ces outils pourraient être appliqués à différentes échelles à d'autres risques comme le risque-gel qui, après les gelées printanières de 1991 et celles moins graves mais répétitives de 1994, 1995, 1997 et 1998 constitue actuellement un point d'inquiétude pour les arboriculteurs et un domaine de prospection pour les assureurs et un terrain d'étude pour les climatologues. Il est évident également que ces objectifs peuvent être atteints, au moins partiellement, par des études de climatologie descriptive. A l'heure où l'automatisation des mesures du climat pourrait réduire ce dernier à une abstraction thermo-radio-pluviométrique, il est du devoir du géographe d'**accorder une attention nouvelle aux phénomènes marginaux, à d'autres approches cognitives, d'autres mesures pour écrire d'autres géographies du climat.**

4- La nécessité d'une gestion durable des risques naturels

4.1- Du risque à la contrainte

L'évolution technique a fourni au cours des deux derniers siècles toujours plus de moyens de **s'affranchir des contraintes physiques**. L'évolution sociale fait que l'individu recherche toujours plus de sécurité. Après avoir dominé les contraintes par la

technique, l'Homme s'est penché sur la maîtrise de la variabilité des phénomènes naturels. **La contrainte** est issue des rythmes et des variations moyennes du climat. Le rythme saisonnier est une contrainte comme le rappelle J.P. Marchand (1980). Elle est plus **facilement identifiable** et plus visiblement inscrite dans le climat que les phénomènes rares et aléatoires. Ces derniers, qui peuvent engendrer des **risques** pour la société, ont été **longtemps mal connus** et ils étaient plus subis que contrôlés par les populations. Depuis une vingtaine d'années, l'arrivée au devant des scènes scientifique, économique et sociale des sciences cindyniques témoigne de la prise de conscience du coût économique et social de ces risques mais aussi d'une **attention plus forte portée** par les scientifiques, et parmi eux les climatologues, **aux problèmes de variabilité climatique**, alors que les périodes précédentes avaient privilégié la description et l'explication des états moyens de l'atmosphère.

La maturation d'une société passe-t-elle par l'adaptation aux phénomènes naturels ou par la suppression de ceux-ci ? La protection par les **filets paragrêle** est un bon exemple de **transformation d'un risque d'origine naturelle en une contrainte économique**. Cela revient, en langage économiste, à "internaliser" les externalités pour mieux les contrôler. Ce processus est éminemment rassurant car la contrainte est une donnée alors que le risque est l'inconnu. Avec les filets, il n'y a plus de risque naturel mais une **contrainte économique** devenue permanente, à savoir la nécessité de l'amortissement financier de l'investissement. C'est le coût d'une plus grande sécurité. Reste à savoir si la **protection** par les filets - mais aussi par la lutte antigel pour le risque de gelées printanières - est phase ultime du contrôle des risques ou si c'est une transition avant une autre mutation de la gestion du risque. Les prochaines années pourront peut-être déjà donner des éléments de réponse.

4.2- Le nécessaire contrôle de la vulnérabilité

Il faut souligner le paradoxe alliant, d'une part, l'**augmentation du besoin de sécurité** et, d'autre part, **celle des conduites à risques**. Ce thème a été développé sur le plan de la psychologie sociale (Le Breton D., 1995) mais il pourrait partiellement s'appliquer aux risques climatiques. Dans le cas de la grêle, on n'a pas toujours vu ni cherché à contrôler la concentration spatiale des vergers et leur implantation dans des régions grêlifères, alors que ces deux tendances étaient des facteurs majeurs d'augmentation des risques. Un moyen d'agir serait de **contrôler la concentration spatiale du risque-objet**, concentration qui entrave la bonne gestion du risque. La nécessaire répartition des risques se fait dans une perspective spatiale. S'il paraît difficile,

dans le cas des vergers, d'éviter la concentration économique, au moins serait-il possible d'atténuer la concentration spatiale du risque en répartissant des parcelles en fonction des trajets des orages, en dispersant la zone d'alimentation des stations fruitières...

4.3- Les implications du développement durable

Cette dérive des vulnérabilités se retrouve pour les autres risques naturels. L'erreur a sans doute été d'avoir eu une gestion à court terme des risques naturels. Depuis vingt ans, on constate l'échec de cette approche. La gestion des risques naturels doit se placer dans le long terme. P. Pagney (1996b), citant I. Roussel, s'accorde à dire qu'il y a "un juste équilibre à trouver entre l'anthropocentrisme tout-puissant créant et aménageant les espaces à sa guise et une démarche plus environnementale intégrant l'homme de manière équilibrée dans le milieu naturel qu'il convient de mieux connaître pour mieux le gérer" (p.80). Entre la fatalité du milieu subi des époques prétechniciennes et le milieu soumis de l'époque technicienne, il existe une autre voie, celle du développement durable fondé sur le choix d'une gestion optimale de l'environnement sur le long terme (Fauchaux S., Noël J.F., 1995). Comme le souligne le rapport Bourrelier H.P. (1997), le concept de développement durable est encore relativement polysémique et "peut déboucher sur un éventail très ouvert d'interprétations" (p.305). Toutefois, on peut dégager un certain nombre de principes applicables à la gestion des risques naturels.

Cette voie nécessite d'abord **l'acceptation d'un certain niveau de risque**. "On choisit donc de s'en tenir au "raisonnable" en acceptant qu'il y ait toujours, quoi que l'on décide en matière de prévision, de prévention ou de protection un risque résiduel." (J.P. Gout, 1993, p. 23). Bailly A.S. (1996) ajoute que "l'on croit de moins en moins au mythe cartésien d'identification de toutes les causes pour en assurer la suppression (du risque)"(p.3).

Elle réclame également de penser **l'aménagement du territoire en fonction des vocations et des risques du milieu naturel**. L. Faugères (1991) prône une réflexion sur le "complexe de risques" qui touche l'agriculture. Il parle même (p. 192) d'une "géo-cindynique de la grande agriculture" (érosion des sols, changements hydrologiques, pollutions) comme il existe une géo-cyndinique des grands chantiers ou des milieux urbains.

Elle suppose enfin une **gestion prospective sur le long terme et non pas une gestion a posteriori des crises majeures**. Nous n'entrerons pas dans le débat sur le rôle de l'État et l'aptitude du marché à gérer sur le long terme les risques naturels (Priest G.L. , 1998). L'analyse du système de gestion du risque-grêle a montré que la

Conclusion générale

gestion des risques naturels peut difficilement se passer d'une intervention des pouvoirs publics même si leur rôle demanderait à être partiellement redéfini.

Les **contraintes** climatiques sont le plus souvent techniquement gérables. En revanche, comme l'a montré l'étude du risque-grêle en France, la **gestion des risques naturels demande plus qu'une réponse technique ou économique**. Elle demande une acceptation sociale des risques naturels et leur intégration par les secteurs économiques et sociaux concernés, faute de quoi, leur coût, chaque jour plus grand, sera de plus en plus difficilement supporté par la société. Depuis une vingtaine d'années, cette prise de conscience d'une nécessaire intégration à long terme des risques naturels dans la gestion de l'espace par les sociétés continue de faire son chemin.

BIBLIOGRAPHIE

- 1-ABRASSART E., 1997 - Les risques liés au climat : point de vue d'un réassureur in *Les risques liés au climat* . Lamarre D. (s.d.) Dijon, 1997 pp.135-140
- 2-ABRASSART E., 1998 - Le traitement du risque catastrophique, les solutions à l'étranger. *Risques* n°34, avril-juin 1998, Sceptra, Paris. pp.9-26.
- 3-ADMIRAT P., 1982 - *Étude expérimentale du phénomène grêle et de sa modification par la technique soviétique*. Décision d'aide n°80.7.0372, GNEFA 44 p.
- 4-ADMIRAT P., 1985 - A comparative study of hailstorms in Switzerland, Canada and South-Africa. *Journal of climatology*, 5 (1), p. 35-51.
- 5-ADMIRAT P., VENTO D., MEZEIX J.F., ROUET J.P., APARO A., 1979 - *Meeting franco-italien de comparaison des dépouillements grêlimétriques dans "Grossversuch IV"*. GNEFA, Rapport technique n°36, 65 p.
- 6-ADMIRAT P., WALDVOGEL A., 1979 - L'homme et la grêle. *Courrier du C.N.R.S.*, 31 (1), pp. 34-42.
- 7-AFGP (1986) *Climats et risques naturels*, IV^{ème} colloque de l'Association Française de Géographie Physique, Paris, 226 p.
- 8-ATLAN H., 1979 - *Entre le cristal et la fumée, essai sur l'organisation du vivant*. Seuil, coll Point, Paris, 286 p.
- 9-ATLAS D., 1977 - The paradox of hail suppression. *Science*, 195, pp. 139-145.
- 10-BAILLY A.S. (sous la direction de), 1996 - *Risques naturels, risques de société* , Economica, Paris, 103 p.
- 11-BARRAU P.B., 1816 - *Manuel des propriétaires de toutes les classes, ou Traité des assurances réciproques et mutuelles contre les fléaux et les cas fortuits*. 600 p.
- 12-BELTRANDO G., 1998 - Les gelées printanières en Champagne viticole; quelques résultats obtenus à partir d'un nouveau réseau de stations automatiques. *La Météorologie*, 8^{ème} série, n° 21, mars 1998, pp. 30-43.
- 13-BELTRANDO G., CHEMERY L., 1995 - *Dictionnaire du climat*.. Larousse, Paris, 344 p.
- 14-BENICHOU P, LE BRETON O., 1987 - Prise en compte de la topographie pour la cartographie de champs pluviométriques statistiques : la méthode AURELHY, in *agrométéorologie des régions de moyenne montagne*. Les Colloques de l'Inra, Séminaire de Toulouse, INRA, Paris, p.197-213.
- 15-BERTRAND G., BEROUTCHAVILI N., 1978 - Le géosystème ou système territorial naturel. *Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 49 (2) pp. 17-180.

- 16-BESANCENOT J.P., 1996 - Vague de chaleur, pollution atmosphérique et surmortalité urbaine : l'exemple d'Athènes en juillet 1987. in *Climat, pollution atmosphérique, santé, hommage à Gisèle Escourrou*, sous la direction de BESANCENOT J.P., GDR climat et santé, Dijon, p. 47-70.
- 17-BESSE J.M. et ROUSSEL I. (sous la direction de), 1997 - *Environnement, représentation et concepts de la nature*. L'Harmattan, Paris, 236 p.
- 18-BESSIS J., 1984 - *La probabilité et l'évaluation des risques*. Masson, Paris, 129 p.
- 19-BLIN E., BORD J.P., 1995 - *Initiation géo-graphique ou comment visualiser son information..* SEDES, Paris, 284 p.
- 20-BLONDEAU P. et GRAVIER J., 1995 - Risques climatiques et arboriculture fruitière dans la Sarthe. *Norois*, 42 (2), pp. 363-379.
- 21-BOIVIN D.J. et LACROIX J., 1990 - Etude du phénomène de grêle en tant que catastrophe naturelle ; une évaluation en matière de protection civile et de vulnérabilité municipale. *Le Climat*, 8 (1), Québec pp.16-48.
- 22-BOLL M., 1947 - *Les certitudes du hasard*. PUF, Que Sais-Je n°3, Paris, 127 p.
- 23-BOUCHER L., 1995 - L'assurance grêle : mort ou renaissance ? *L'arboriculture fruitière*. n°481, p. 8-10.
- 24-BOUSQUET B., 1996 - *Tell-Douch et sa région. Géographie d'une limite de milieu à la frontière d'Empire*. Institut Français d'Architecture Orientale, Le Caire, 368 p.
- 25-BOURRELIER P.H. (sous la direction de), 1997 - *La prévention des risques naturels, rapport d'évaluation*. Rapport du Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques, La Documentation Française, Paris, 702 p.
- 26-BROWNING K.A., FOOTE G.B., 1976 - Airflow and hailgrowth in supercell storms and some implications for hail suppression. *Quart. Jour. Royal Meteor. Soc.* Vol. 102, pp. 499-533.
- 27-BRUNET R., 1979 - Systèmes et approche systémique en géographie. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, Paris, Vol. 56, n°465, p. 399-407.
- 28-BRUNET R., 1993 - *Les mots de la géographie*. RECLUS-La Documentation Française, 518 p.
- 29-BRYANT E., 1991 - *Natural hazards*. Cambridge University Press, 294 p.
- 30-BURTSEV I.I., 1990 - New methods of influencing hail processes. *Soviet Meteorology and Hydrology (Meteorologia i Hidrologiya)*, Allerton Press, n°4, pp. 23-33
- 31-CANIAUX G., 1984 - *Trombes et chutes de grêle du 20 septembre 1982 sur les Ardennes*. Note Technique n°8, Direction de la Météorologie nationale, Paris, 28 p.
- 32-CAPEL MOLINA J.J., OLCINA CANTOS J., 1993 - Ondas cortas atmosféricas estivales y fenómenos tormentosos con granizo en el sureste peninsular ibérico. *Papeles de geografía*, n°19, pp. 1-35.

- 33-CARRÉGA P., DAUPHINÉ A., 1984 - Les températures décadaires à Lisbonne et Marseille. Etudes de longues séries. *Revue de Géographie de l'Est* 24 (1), pp. 65-78.
- 34-CARRÉGA P., 1991 - L'advection froide surplombante : une cause d'orages sur le sud-est de la France. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol.4, pp.129-137.
- 35-CARRÉGA P., 1994 - *Topoclimatologie et climat. Analyse spatiale quantitative et appliquée*. Thèse de doctorat d'État, Laboratoire d'Analyse Spatiale Raoul Blanchard, Université de Nice-Sophia Antipolis, 408 p.
- 36-CARRÉGA P., 1997 - Point de vue (et images d'Europe) : A.M.P., coulées froides et anticyclones subtropicaux, in *autour de l'anticyclone*, Actes des journées de la commission Climat et société, Le Mans, 1995, sous la direction de J.P. Vigneau, ITEEM, Poitiers, pp. 129-140.
- 37-CASTET J., DEYRIES P., 1970 - Données statistiques sur les orages à grêle dans le Sud-Ouest de la France. *Bulletin annuel de l'Association d'Etudes des Moyens de Lutte contre les Fléaux atmosphériques*, n°18, pp. 58-63.
- 38-CHADULE (groupe), 1986 - *Initiation aux pratiques statistiques en géographie*. Masson, Paris, 189 p.
- 39-CHALMIN Ph., 1987 - *Les assurances mutuelles agricoles*. Economica, Paris, 268 p.
- 40-CHALMIN Ph., 1988 - *Eléments pour servir à l'histoire de la mutualité agricole*. Economica, Paris, T1 : 602 p. ; T2 : 218 p.
- 41-CHALON J.P., BRENGUIER J.L., CAMMAS J.P. et alii., 1995 - Landes-fronts 84 : bilan d'une expérience d'étude des systèmes frontaux convectifs. *La Météorologie*, 8^{ème} série, n°9, pp. 10-28.
- 42-CHANGNON S.A., 1971 - Hailfall characteristics related to crop damage. *Journal of applied meteorology*, 10 (4) pp. 270-274.
- 43-CHANGNON S.A., 1978 - Urban effects on severe local storms at Saint-Louis. *Journal of applied meteorology*. 17, pp. 578-587.
- 44-CHANGNON S.A., 1992 - Temporal and spatial relations between hail and lightning, *Journal of applied meteorology*, American Meteorological Society, 31, pp. 587-593.
- 45-CHANGNON S.A., CHANGNON D. , 1997 - Surrogate data to estimate crop-hail loss. *Journal of applied meteorology*, American Meteorological Society, 36, pp. 1202-1210.
- 46-CHANGNON S.A., IVENS J.L., 1981 - History repeated : the forgotten hail cannons of Europe. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 62 (3), pp. 368-375.
- 47-CHAPPUIS D., 1994 - Calamités agricoles et assurance agricole. *Risques*, n°20, pp. 33-43.

Bibliographie

- 48-CHARLTON R.B., KACHMAN B.M., WOJTIW L., 1995 - Urban hailstorm : a view from Alberta. *Natural Hazards*, 12 (1), pp. 29-75.
- 49-CHARRE J., 1981 -Les contraintes climatiques de l'organisation de l'espace. Définition et classification". *Travaux de l'Institut de Géographie de Reims*, n° 45-46, pp. 3-12.
- 50-CHARRE J., 1995 - *Statistique et territoire*. GIP-RECLUS, Collection Espaces modes d'emploi, Montpellier, 120 p. .
- 51-CHASSANY J., 1982 - *La grêle à travers les âges*. Rapport Technique n°44, GNEFA, 27 p.
- 52-CHATELAIN N., 1989 - *L'expertise grêle*. Mémoire de fin d'étude. Institut Supérieur d'Agriculture. Lille. 85 p.
- 53-CHEMERY Laure, DUCHENE-MARULLAZ Philippe, 1987 - *Atlas climatique de la construction*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Paris, 182 p.
- 54-CHIAPPORI P.A., 1997 - *Risque et assurance*. Flammarion, coll. Dominos, Paris, 122p.
- 55-CHOISNEL E., 1987 - Aspects topoclimatiques : une méthodologie d'étude en moyenne montagne, in *agrométéorologie des régions de moyenne montagne*. Les Colloques de l'Inra, Séminaire de Toulouse, INRA, Paris, pp. 177-196.
- 56-CHOISNEL E., PAYEN D., LAMARQUE Ph., 1987 - *Climatologie de la zone du projet Hapex-Mobilhy*, Météorologie nationale, Paris, 75 p.
- 57-COMBES L., VIGNEAU J. P., 1994 - Une première pyrénéenne : parapente et aérologie, *Etudes méditerranéennes* n° 16, CIEM, Poitiers, pp. 13-28.
- 58-COMMISSION D'AGROMÉTÉOROLOGIE DE L'INRA, 1993 - Le gel en agriculture. Actes du séminaire des 21 et 22 novembre 1989, Inra, Bordeaux, 281 p.
- 59-CRESCENZO-D'AURIAC M.B., 1988 - *Les risques catastrophiques*. L'Argus, Paris 377 p.
- 60-CTGREF, 1978 - *Estimation des dégâts causés par la grêle aux cultures*. CTGREF : Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts de Bordeaux. Ministère de l'Agriculture, Étude n°23, oct. 1978, 11 p. + 10 cartes H.T.
- 61-CTIFL, 1996 - *Les filets paragrêle*. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris, 182 p.
- 62-CULAUD H.P., 1991 - Pour une vraie réforme du Fonds national de garantie des calamités agricoles. *L'Information agricole* , n°632, pp.34-38.
- 63-DANDOLOVA I., 1990 - Le risque de concevoir plus largement la notion du risque dans l'espace social in Faugères L., Vasarhelyi P. et Villain-Gandossi Ch., *Le risque et la crise*. Foundation for International Studies, Malte, pp. 97-102.
- 64-DAUPHINÉ A., 1975 - *Les précipitations dans les Midis français*. Thèse de doctorat d'État, Nice, Atelier de thèses, Université de Lille III, 591 p. + atlas en annexe.

- 65-DAUPHINÉ A., 1986 - La perception des paroxysmes climatologiques, *Revue de Géographie de Lyon*, , 61 (3), pp. 343-350.
- 66-DAUZERE C., 1931 - La foudre, la grêle et la pluie. *Bulletin de la Société Astronomique de Bordeaux*, n°8, 1931-1932, pp. 3-17.
- 67-DAVY L., 1996 - Introduction. in *Les Français dans leur environnement*, sous la direction de NEBOIT-GUILHOT R., DAVY L., Comité National Français de Géographie, Nathan, Paris, pp. 5-8.
- 68-De BEAUCARON A., 1994 - Assurance climatique sur les récoltes agricoles. *Risques*, n°20, pp. 25-31.
- 69-De BRETTEVILLE A., 1990 - Les récoltes sur pied sont-elles assurables ? *C.R. Acad. Agri. Fr.*, 76 (3), pp. 3-15.
- 70-DELMAS J.M., 1991 - Calamités agricoles : concilier responsabilité et équité. *L'Information agricole* , n°632, pp. 19-20.
- 71-DELUMEAU J., 1989 - *Rassurer et protéger. Le sentiment de sécurité dans l'Occident d'autrefois*. Fayard, Paris, 667 p.
- 72-DELUMEAU J., LEQUIN Y. (sous la direction de), 1987 - *Les malheurs de temps. Histoire des fléaux et des calamités en France*. Larousse, Paris, 519 p.
- 73-DELWARDE C., MONTJAUZE F., 1996 - *Vulnérabilité à la grêle de structures en composite, aspects réglementaires et moyens de conformité associés*. Projet de fin d'études, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Constructions Aéronautiques, Toulouse, 73 p.
- 74-DENNIS A.S., SMITH P.L. and MILLER J.R., 1990 - Comments on "further exploratory evaluations of grossversuch IV using hailpad data : Analysis of hail patterns and stratification by storm type for seeding effect". *Journal of applied meteorology*. 30 (6), pp. 901-902.
- 75-De ROSNAY J., 1975 - *Le macroscopie, vers une vision globale*. Seuil, Paris. 295 p.
- 76-DERRUAU M. (sous la direction de), 1996 - *Composantes et concepts de la géographie physique*, Armand Colin, collection U, Paris, 254 p.
- 77-DESPLAT Ch., 1995 - Pour une histoire des risques naturels dans les Pyrénées occidentales françaises sous l'Ancien Régime. *Revue de Pau et du Béarn*, n°21, 1994, pp. 101-156
- 78-DESSENS J., 1986 - Hail in southwestern France. I : Hailfall characteristics and hailstorm environment. II : Results of a 30-year hailprevention project with silver iodide seeding from the ground. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25 (1), pp. 35-58.
- 79-DESSENS J., 1988 - Comments on "Main results of Grossversuch IV" *Journal of applied meteorology*, 27 (2), pp. 200-202.

Bibliographie

- 80-DESSENS J., 1994 - The hail problem in the context of a night global warming. *Sixth WMO scientific conference on weather modification*. WMP Report n°22, technical document n° 596 Vol I, pp. 75-78.
- 81-DESSENS J., 1995 - Severe convective weather in the context of a nighttime global warming. *Geophysical research letters*, vol. 22, n° 10, pp. 1241-1244.
- 82-DESSENS J., FRAILE R., 1994 - hailstone size distributions in southwestern France. *Atmospheric research*, 33, pp. 57-73
- 83-DESSENS J., PHAM VAN DINH, 1990 - Frequent Saharan dust outbreaks north of the Pyrenees : a sign of a climatic change ? *Weather*, 45 (9) Bracknell, England, pp. 327-333.
- 84-DESSENS J., SNOW John T., 1989 - Tornadoes in France, *Weather and forecasting*, 4, pp. 110-132.
- 85-DETTWILLER J., 1981 - L'orage du 13 juillet 1788. *La Météorologie*, 6^{ème} série, n°24,, pp. 107-112.
- 86-DE VARENNE F., 1998 -Techniques alternatives de couverture. *Risques* , n° 34, Sceptra, Paris pp 51-61
- 87-DOLL D., 1988 - *Les cataclysmes météorologiques en forêt..* Thèse de doctorat de l'Université de Lyon II, 678 p.
- 88-DORAS N., MEZEIX J.F., 1979 - *Les figures de grêle dans Grossversuch IV.* GNEFA Rapport technique n°33, 83 p.
- 89-DOUGUÉDROIT A., 1987 - Les topoclimats thermiques de moyenne montagne. in *agrométéorologie des régions de moyenne montagne*. Les Colloques de l'Inra, Séminaire de Toulouse, INRA, Paris, p.197-213.
- 90-DRESCH J. (sous la direction de), 1979 - Les systèmes en géographie. Colloque de l'Association de Géographes Français. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, vol. 56, n° 465, pp. 354-407.
- 91-DREVETON C., BÉNECH B., JOURDAIN S., 1997 - Classification des tempêtes sur la France à l'usage des assureurs. *La Météorologie*, 8^{ème} série, n° 17, mars 1997, pp. 23-32.
- 92-DUBESSET P., 1972 - Choix agricoles et caractères du climat dans la région du Rhône moyen. *Revue de Géographie de Lyon.*, 47, (2) pp.137-165, (3) pp. 297-326, (4) pp. 333-359.
- 93-DUBREUIL V., 1994 - *La sécheresse dans la France de l'Ouest : étude d'après les bilans hydriques et les données des satellites NOAA-AVHRR*, Thèse de doctorat, Rennes 2, 381 p. + annexes.
- 94-DUBREUIL V., MARCHAND J.P.(sous la direction de), 1997 - *Le climat, l'eau et les hommes*. Ouvrage en l'honneur de Jean Mounier, Presses Universitaires de Rennes, 333 p.
- 95-DURAND D., 1996 - *La systémique*. PUF, Coll. Que Sais-je ?, Paris, 127 p.

- 96-DUVAL G., 1994 - Evolution du monde agricole. *Risques*. n°20, pp. 11-31.
- 97-EBERSOLT J.G., 1930 - L'orage du 7 août 1929 en Beaujolais. *Etudes Rhodaniennes*, vol. 6, pp. 23-40.
- 98-EL HADDAD N., DORAS N., MEZEIX J.F., 1980 - *Comparaison de figures de grêle dans "Grossversuch IV" et dans le Languedoc*. GNEFA, Rapport technique n°39, 52 p.
- 99-ESCOURROU G., 1978 - *Climatologie pratique*. Masson. Paris. 172 p.
- 100-ESCOURROU G., 1981 - *Climat et environnement, les facteurs locaux du climat*. Masson, Paris, 184 p.
- 101-ESCOURROU G., 1982 - *Le climat de la France*. PUF, Que Sais-Je ?, Paris, 1967, 126p.
- 102-ESCOURROU G., 1990 - La spécificité du climat de l'agglomération parisienne, *Revue de Géographie de Lyon*, 65 (2), pp. 85-89.
- 103-ESCOURROU G., 1991 - *Le climat et la ville*. Nathan, coll. "géographie d'aujourd'hui", Paris, 191 p.
- 104-ESCOURROU G., TONNERRE M.A., 1984 - Quelques remarques sur la climatologie urbaine. L'orage du 18 juillet 1983 à Nantes. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, vol. 61, n° 500-501, pp. 84-85.
- 105-EWALD F. (198) *L'État-providence*. Grasset, Paris, 608 p.
- 106-FALQUE M., 1993 - Catastrophes naturelles ou bureaucratiques ? *Aménagement et Nature*, vol. 28, n°112, Paris, p. 18.
- 107-FAUCHEUX S. et NOEL J.F., 1995 - *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*. Armand Colin, Paris, 370 p.
- 108-FAUGÈRES L., 1990 - La dimension des faits et la théorie du risque. in Faugères L., Vasarhelyi P. et Villain-Gandossi Ch., *Le risque et la crise*. Foundation for International Studies, Malte, 218 p.
- 109-FAUGÈRES L., 1991 - La géo-cindynique, géo-science du risque. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 68 (3), pp. 179-193
- 110-FAUGÈRES L., 1995 - Risques naturels, risques urbains. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 72 (2), pp. 111-120.
- 111-FAUGÈRES L., VASARHELYI P. ET VILLAIN-GANDOSSI Ch., 1990 - *Le risque et la crise*. Foundation for International Studies, Malte, 218 p.
- 112-FAUGÈRES L., NOYELLE J., 1992 - Risques naturels, paysages et environnement en France. *L'Information géographique*, Armand Colin, Paris, 56 (5), pp. 194-209.
- 113-FAUGÈRES L., VILLAIN-GANDOSSI Ch., 1996 - *Risque, nature, société*. Actes du séminaire "Delphes I", publications de la Sorbonne, Paris, 252 p.

- 114-FEBVRE L., 1956 - Pour l'histoire d'un sentiment : le besoin de sécurité. *Annales E.S.C.*, 11 (2), pp. 244-247.
- 115-FEDERER B., WALDVOGEL A., SCHMID W., SCHIESSER H.H., HAMPEL F., SCHWEINGRUBER M., STAHEL W., BADER J., MEIZEIX J.F., DORAS N., D'AUBIGNY G., DER MEGREDITCHIAN G., VENTO D., 1986 - Main results of Grossversuch IV. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. American Meteorological Society, 25 (7), pp. 917-957.
- 116-FEYT G., MAILLOUX H., de SAINTIGNON M.F., 1995 - SIG et information climatique. *Revue internationale de géomatique*, 5 (3-4), pp. 361-376.
- 117-FLAGEOLLET J.Cl., 1988 - *Les mouvements de terrains et leur prévention..* Masson, Paris, 224 p.
- 118-FORT D., LAURÉ D., 1996 - *Conséquences de la grêle sur le parc automobile français*. SOREMA, Paris, 22 p.
- 119-FRAILE R., CASTRO A., MARCOS J.L., VEGA A., SANCHEZ J.L., 1994 - On hail detection at the ground. *Sixth WMO scientific conference on weather modification* WMP Report n°22, technical document n° 596 Vol I, pp. 201-204
- 120-FRIEDBERG C., 1992 - La question du déterminisme dans les rapports homme-nature. in *Sciences de la nature, Sciences de la société, les passeurs de frontières*, sous la direction de M. Jollivet, CNRS éditions, Paris, p.55-68.
- 121-GARRY G., 1990 - *Le risque d'inondation en France. Recherche d'une approche globale du risque d'inondation et de sa traduction cartographique dans une perspective de prévention*. Thèse, Paris, 496 p.
- 122-GATHIÉ H., 1998 - L'assurance des catastrophes naturelles. *La Houille Blanche*, n°1 pp. 81-84.
- 123-GENEVE R., 1961 - *La grêle*. Mémorial de la Météorologie Nationale, n°48, 82 p.
- 124-GINOUVES J., JEAN Ch., 1980 - Liaison entre les caractéristiques des chutes de grêle et les dégâts à la végétation. *Troisième Conférence scientifique sur la modification du temps*, GNEFA, Clermont-Ferrand, pp.785-791.
- 125-GLEICK J., 1991 - *La théorie du chaos*. Flammarion, coll.Champ, Paris, 431 p.
- 126-GODARD O., LEGAY J.M., 1992 - Entre disciplines et réalité, l'artifice des systèmes. in *Sciences de la nature, Sciences de la société, les passeurs de frontières*, sous la direction de M. Jollivet, CNRS éditions, Paris, pp. 243-257.
- 127-GOHARD I., 1990 - *Le risque grêle : bilan et perspectives pour la protection des exploitations en Gironde*. Mémoire de l'École nationale d'Ingénieurs des Travaux agricoles de Bordeaux, 104 p.
- 128-GOUT J.P., 1993 - *Prévention et gestion des risques majeurs*. Editions de l'environnement, Paris, 301 p.

- 129-GRAVIER J., 1986 - Un exemple de catastrophe météorologique locale : la tornade du 13 octobre 1982 dans le sud du département de la Sarthe. AFGP, Climats et Risques Naturels, IV^{ème} colloque de l'Association Française de Géographie Physique, Paris, pp. 63-70.
- 130-GRAVIER J., ROUSSEL I., 1997 - Le phénomène orageux à Tours et à Nancy, in *Autour de l'anticyclone*, Actes des journées de la commission Climat et société, Le Mans, 1995, sous la direction de J.P. Vigneau, ITEEM, Poitiers, p. 21-55.
- 131-GRAUX E., 1990 - La sécheresse de 1989 en Haute-Garonne et ses conséquences sur les sociétés paysannes. *Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie*, n°1-2, pp.205-214.
- 132-GUIGO M., 1989 - Nouveaux modes d'opérer scientifiques et devenir de la géographie. *L'Espace Géographique*. Doin, Paris, 18 (2), pp.106-112.
- 133-GUYOT G., 1997 - *Climatologie de l'environnement*, Masson, Paris, 505 p.
- 134-HADJICONSTANTINOU G., 1996 - A la recherche d'une approche interdisciplinaire en économie, l'ouverture à la complexité. in *Risque, nature, société*. sous la direction de FAUGÈRES L., VILLAIN-GANDOSSI Ch. Actes du séminaire "Delphes I", publications de la Sorbonne, Paris, pp. 63-69.
- 135-HALPÉRIN J., 1952 - La notion de sécurité dans l'histoire économique et sociale. *Revue d'histoire économique et sociale*, 30 (1), pp. 7-25.
- 136-HERMANT A., 1996 - *100 orages facile à prévoir*, Nathan, Paris, 160 p.
- 137-HUFTY A., 1996 - Le message de changement climatique dans la presse au Québec. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol.8, pp. 92-98.
- 138-HUSSON D., 1991 - *Etude des orages de grêle par radar à diversité de polarisation en bande "S". Apports pour la détection et la quantification de l'intensité de la grêle*. Thèse de doctorat. Université de Clermont-Ferrand II. 147 p.
- 139-HUSSON D., BIENVENU T., MEZEIX J.F., 1984 - *Climatologie de la grêle en Lot-et-Garonne, synthèse 1981-1983, étude physique des précipitations de grêle*. GNEFA, rapport technique n°50, 231 p.
- 140-HUSSON D., THÉBAULT E., 1996 - *Le canon anti-grêle : une illusion tenace*. GNEFA, Lyon, 8 p.
- 141-JACOUTET I., 1990 - *Le verger français. Tendances du potentiel de production 1987-1997*. CTIFL, Paris, 251 p.
- 142-JALU R., 1959 - Orages et chutes de grêle du 11 août 1958 à Strasbourg. *La météorologie*, 4^{ème} série, pp. 209-220.
- 143-JEAN Ch., BERVILLE P., LESCURE A., 1978 - *Relation entre les paramètres physiques des chutes de grêle et les dégâts occasionnés aux cultures*. A.C.H. Note technique n° 30, 21 p.
- 144-JOLY A., 1995 - Le front polaire : un concept dépassé...qui a la vie dure. *La Recherche*, Vol. 26, n°273, pp. 128-135.

Bibliographie

- 145-KERVERN G.Y., 1995 - *Eléments fondamentaux des cindyniques*. Economica, Paris. 110 p.
- 146-KERVERN G.Y., RUBISE P., 1991 - *L'archipel du danger, introduction aux cindyniques*. Paris, economica, 444 p.
- 147-KERVERN G.Y., PATEYRON E., 1995 - Quelques outils de cindynique urbaine. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 72 (2), pp. 184-192.
- 148-KESSLER J., CHAMBRAUD A., 1990 - *La météo de la France*. JC Lattès , Paris, 391 p.
- 149-KOWALSKY B., 1987 - *Réassurance active et passive du risque grêle sous l'angle des sinistres catastrophiques*. Munich réassurance, 68 p.
- 150-LABORIE H., 1991 - Le Fonds national de garantie des calamités agricoles : un équilibre quasi impossible à trouver. *L'Information agricole*, n° 632, pp. 20-21.
- 151-LAGADEC P., 1981 - *La civilisation du risque*. Seuil, coll. science ouverte. 236 p.
- 152-LAGADEC P., 1991 - *La gestion des crises*. McGrawhill, Paris, 323 p.
- 153-LANGELLIER F., 1994 - Conséquences de la grêle sur la vigne. *Le Vigneron Champenois*, n°10, Association Viticole Champenoise, Épernay, pp. 20-27.
- 154-LAMARRE D., 1992 - A propos de périodisation climatique, *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol.5, pp. 285-292.
- 155-LAMARRE D. (sous la direction de), 1997 - *Les risques liés au climat*.. Editions universitaires de Dijon. Université de Bourgogne. 215 p.
- 156-LAMARRE D., 1997 - Le concept de risque lié au climat : une tentative de clarification. in *Les risques liés au climat* , sous la direction de D. Lamarre, Editions universitaires de Dijon. Université de Bourgogne, pp. 7-28.
- 157-LAMBERT-FAIVRE Y. 1995 - *Droit des assurances*. Dalloz, Paris, 775 p.
- 158-LAMBERT R., VIGNEAU J.P., 1981 - Les inondations catastrophiques de juillet 1977 en Gascogne. *Annales de Géographie* , 90 (1), pp. 1-54.
- 159-LAURENT M.C. 1986 -*Situation météorologique du 11 juillet 1984. Violents orages dans le Nord-Est et chutes de grêle exceptionnelles dans le centre-est de la France*. Note Technique, n°14, Direction de la Météorologie nationale, Paris, 25 p.
- 160-LAVALETTE R., 1983 - *Contribution à l'étude des fronts froids orageux. Passage frontal du 29 juillet 1980 sur la région parisienne*. Note Technique n°2, Direction de la Météorologie nationale, Paris, 61 p.
- 161-LASZLO E., 1989 - *La cohérence du réel. Évolution, coeur du savoir*. Bordas, Paris, 230 p.
- 162-LE BRETON D., 1995 - *La sociologie du risque*, PUF, Que-Sais-Je, n°3016, 127 p.

- 163-LEDOUX B., 1995 - *Les catastrophes naturelles en France*. Payot. Paris. 453 p.
- 164-LEDOUX B. et BONNEFOY J.L., 1994 - Deux approches du risque inondation en France, *Mappemonde*, n°4, GIP-RECLUS, pp.23-26
- 165-LEGER J., PAGÈS R., RENOUARD J., 1972 - *L'assurance-grêle face à l'évolution de l'agriculture depuis la fondation de l'AIAG*. Rapport à l'Association Internationale des Assureurs contre la Grêle. 52 p.
- 166-LE MOIGNE J. L., 1995 - *La modélisation des systèmes complexes*. Dunod, Paris, 174 p.
- 167-LEROUX D., 1976 - La production fruitière en France. *Notes et Etudes documentaires* n°4321-4322, La Documentation Française, Paris, 84 p.
- 168-LEROUX M., 1986 - L'anticyclone mobile polaire : facteur premier de la climatologie tempérée. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 63 (4), pp. 311-328.
- 169-LEROUX M., 1996 - *Dynamique du temps et du climat*. Masson, Paris, 310 p.
- 170-LEVADOUX B., 1979 - *Évaluation économique d'une simulation de prévention de la grêle dans le Gers*, Université de Clermont-Ferrand-GNEFA, 40 p.
- 171-MAGNAN S., 1983 - Le point sur l'assurance des catastrophes naturelles. *Revue Générale des Assurances Terrestres*. pp. 484-497.
- 172-MALAVAL L., 1994 - *Pour une étude géographique du risque grêle dans les Pyrénées-Atlantiques*. Mémoire de maîtrise, Université Toulouse le Mirail, juin 1994, 115 p.
- 173-MALAVAL L., 1995 - Approche géographique du risque de grêle dans le sud-ouest de la France. Mémoire DEA, GEODE, Toulouse, 51p.
- 174-MAQUET Y.L., 1991 - *Des primes d'assurance au financement des risques*. Bruylant, Bruxelles, 280 p.
- 175-MARCHAND J.P., 1980 - Les contraintes physiques et la géographie contemporaine". *L'Espace Géographique*, n°3, 1980, pp. 231-240.
- 176-MARCHAND J.P., 1985 - *Contraintes climatiques et espace géographique, le cas irlandais*. Thèse de doctorat d'État, Paradigme, Paris, Terre et sociétés, 336 p.
- 177-MARCHAND J.P., 1986 - Contraintes physiques et géographie régionale". *L'Espace Géographique*, n°4, pp. 278-282.
- 178-MARCHAND J.P., BAUQUIN F. et LETONDOUX P., 1986 - Les calamités agricoles d'origine atmosphérique : le cas de l'Ille-et-Vilaine. *Revue de Géographie de Lyon*, 61 (3), pp. 319-328.
- 179-MARGEAT H., MICHEL J.M., 1984 - La loi sur les catastrophes naturelles, analyse et commentaire. *Gazette du Palais*. 13 nov.1984, pp. 500-512.

Bibliographie

- 180-MATHER G.K., 1991 - Coalescence enhancement in large multicell storms caused by the emissions from a Kraft paper mill. *J. Appl. Meteor.* 30, pp. 1134-1146.
- 181-MATHER G. K., TERBLANCHE D., 1994 - Initial results from cloud seeding experiments using hygroscopic flares. *Sixth WMO scientific conference on weather modification* WMP Report n°22, technical document n° 596 Vol I et II, p.687-690
- 182-MEZEIX J.F., 1983 - *Climatologie et prévention de la grêle dans l'expérience italo-franco-suisse Grossversuch IV*. Thèse Université de Clermont-Ferrand II, 244 p.
- 183-MEZEIX J.F., 1989 - Further exploratory evaluations of grossversuch IV using hailpad data : Analysis of hail patterns and stratification by storm type for seeding effect. *Journal of applied meteorology*. 29 (5), pp. 401-417.
- 184-MEZEIX J.F., SEGERRA M., TONDUT J.L., VAISSIERES B., 1974 - *Etude préliminaire d'un canon détonnant pour la prévention de la grêle*. G.I.E.F.A.
- 185-MEZEIX J.F., CHASSANY J., ADMIRAT P., 1979 - Validité d'un indice de grêle en fonction des situations météorologiques dans la région du Languedoc. *La Météorologie*, VI^{ème} série, n°17, juin 1979, pp.43-48.
- 186-MEZEIX J.F., DORAS N., CHASSANY J., ADMIRAT P., 1980 - Recherche de tests de prédicteurs et de covariables de l'énergie des figures de grêle dans l'expérience "Grossversuch IV" (Suisse) et dans le Languedoc. *La Météorologie*, VI^{ème} série, n°22, pp.71-80.
- 187-MEZEIX J.F., VENTO D., WALDVOGEL A., 1986 - La grêle. *La recherche*. Vol.17, n°175, mars 1986. pp. 300-310.
- 188-MILLOT R.H., 1969 - *Les calamités agricoles*. Cujas, Paris, 359 p.
- 189-MORGAN Granger, 1993 - L'évaluation et la gestion des risques. *Pour la science*, n°191, pp. 28-34.
- 190-MORGAN Griffith, 1990 - *La grandine*. Ente Regionale per lo Sviluppo dell'Agricoltura nel Friuli-Venezia Giulia. 147 p.
- 191-MOUSTAPHA E.M., 1990 - La dimension opérationnelle du risque : entre risque et crise. in *Le risque et la crise*, sous la direction de FAUGÈRES L., VASARHELYI P. ET VILLAIN-GANDOSSI Ch. Foundation for International Studies, Malte, pp. 171-184.
- 192-MORIN E., 1977 - *La nature de la nature*. Seuil, Paris, 398 p.
- 193-MORIN E., 1986 - *La Connaissance de la Connaissance*. Seuil, Paris, 245 p.
- 194-MORIN E., KERN A.B., 1993 - *Terre-Patrie*. Seuil, Paris, 217 p.
- 195-MÜNCHENER RÜCK, 1984 - *Hagel* (Münchener Hagelsturm von 12. Juli 1984) 56 p.
- 196-NEBOIT-GUILHOT R., DAVY L. (sous la direction de), 1996 - *Les Français dans leur environnement*. Comité National Français de Géographie, Nathan, Paris, 382 p.

- 197-NEBOIT-GUILHOT R., 1991 - Sociétés et risques naturels. De la gestion du risque à la mythologie. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, Paris, (68) 3, pp. 253-260.
- 198-NEILL J. C., 1981 - An approach to crop-hail insurance rate revision. *Journal of Applied Meteorology*. 20 (12), pp. 1391-1399.
- 199-NEILL J. C., REDDY P. V., CHANGNON S. A., 1979 - *Prediction of fluctuations in crop-hail loss data..* Crop-Hail Insurance Actuarial Association (CHIAA) research report n°44, Chicago, 90 p.
- 200-OLCINA CANTOS J., 1994 - *Tormentas y granizadas en las tierras alicantinas.* Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, 317 p.
- 201-OMM 1987 - Atlas international des nuages. Genève, Organisation Météorologique Mondiale. 2 vol. vol. 1 : 212 p. ; vol. 2 : 206 p.
- 202-OSSARD H., 1997 - Exploitations agricoles et risques non assurables, in *risques* n°29, pp. 33-39.
- 203-PAGNEY F., 1997 - La difficile gestion des crises cycloniques récentes dans les îles françaises de la Caraïbe, in *Les risques liés au climat*, sous la direction de D. Lamarre, Editions universitaires de Dijon. Université de Bourgogne, pp. 87-102.
- 204-PAGNEY P., 1978 - *La climatologie.* PUF, Que-Sais-Je n°171, Paris, 127 p.
- 205-PAGNEY P., 1988 - *Climats et cours d'eau de France.* Masson, Paris, 248 p.
- 206-PAGNEY P., 1994 - *Les catastrophes climatiques.* PUF, Que-Sais-Je n°2878, Paris, 127 p.
- 207-PAGNEY P. 1996a - Le temps et l'espace en climatologie : constats et points de vue d'un géographe". in BESANCENOT J.P., Dir., *Climat, pollution atmosphérique, santé, hommage à Gisèle Escourrou*, GDR climat et santé, Dijon, pp. 31-46.
- 208-PAGNEY P. 1996b - La climatologie in M. DERRUAU (sous la direction de) *Composantes et concepts de la géographie physique*, collection U, Armand Colin, Paris, pp. 71-82.
- 209-PEDELABORDE P., 1957 - *Le climat du Bassin parisien*, Thèse, Paris, 539 p. + atlas 116 planches.
- 210-PEGUY Ch. P., 1986 - Climatologie et société, un domaine d'approche systémique, *Revue de Géographie de Lyon*, 61 (3), pp. 309-313.
- 211-PEGUY Ch. P., 1989.- *Jeux et enjeux du climat*, Masson, Paris, 254 p.
- 212-PHILIPPOT J., 1922 - *Necker et la disette de 1788 à 1789.* D.E.S., Paris-Sorbonne 167 p.
- 213-PIGEON P., 1994 - *Ville et environnement.* Nathan, Paris, 191 p.
- 214-PIKE W.S., 1992 - Three motorway traffic accidents in hail showers on 29 March 1986 : a radar study. *Meteorological Magazine*. 121 (1436), pp. 84-88.

Bibliographie

- 215-PLANCHON O., 1996 - *Les climats maritimes dans le monde*, Thèse de doctorat de géographie, Dijon, Presses universitaires du septentrion, Villeneuve d'Ascq, 233 p.
- 216-PLUMANDON J.R., 1900 - *Théorie de la grêle*. Clermont-Ferrand, 24 p.
- 217-PLUMANDON J.R., 1901 - *Les orages et la grêle*. Masson Ed., Paris, 192 p.
- 218-PRICE C., RIND D., 1993 - Modeling global lighting distributions in a general circulation model. *Monthly Weather Review*. 122 (8) pp. 1930-1939.
- 219-PRIEST G.L., 1998 - Le risque "catastrophe". Intervention publique ou marchés concurrentiels ? *Risques* n°34, Sceptra, Paris, pp. 69-91.
- 220-PRIGOGINE I. ET STENGERS I., 1979 - *La nouvelle alliance : métamorphose de la science*. Gallimard, Paris.
- 221-PRÖFROCK A., 1998 - Les risques naturels catastrophiques, in *Encyclopédie de l'assurance* sous la direction de F. Ewald, J.-Hervé Lorenzi, Economica, Paris, pp. 1189-1199.
- 222-REBEYROL Y., 1991 - *Tourbillons et turbulences*. Le Monde, la Découverte, Paris, 309 p.
- 223-REGNAULT de BEAUCARON J., 1937 - *L'assurance contre la grêle en France et à l'étranger*. Librairie générale de droit et de jurisprudence, Paris, 340 p.
- 224-REGNAULT de BEAUCARON R.M., 1952 - *Les sociétés d'assurances à forme mutuelle*. Librairie du recueil Sirey, Paris, 157 p.
- 225-RENOUARD J., 1989 - Gel : événement assurable ? in *Le gel en agriculture*. Commission d'agrométéorologie de l'INRA. pp. 279-281.
- 226-ROMET E., GOUGEON D. 1989 - Assurance du gel sur récoltes in *Le gel en agriculture*. Commission d'agrométéorologie de l'INRA. pp. 263-277.
- 227-ROSINSKI J. , HAAGENSON P. L., NAGAMOTO C.T. and PARUNGO F., 1986 - Ice-forming nuclei of maritime origin. *Journal of Aerosol Science*, vol. 17, pp. 23-46.
- 228-ROSINSKI J. , HAAGENSON P. L., NAGAMOTO C.T. and PARUNGO F., 1987 - Nature of ice-forming nuclei in marine air masses. *Journal of Aerosol Science*, vol. 18, pp. 291-309.
- 229-ROSINSKI J., HAAGENSON P. L., NAGAMOTO C.T., QUINTANA B., PARUNGO F. and HOYT S.D., 1988 - Ice-forming nuclei in air masses over the Gulf of Mexico. *Journal of Aerosol Science*, vol. 19, pp. 539-551.
- 230-ROUET J.P., 1979 - *Traitements statistiques des données grêlimétriques dans Grossversuch IV*, GNEFA, Rapport Technique n° 35, 90 p.
- 231-ROUSSEL I., 1986 - L'orage du 11 juillet 1984 dans le nord-est de la France : une tornade ? *IV^{ème} colloque de l'Association Française de Géographie Physique, Climats et Risques Naturels*, Paris, pp. 71-78.

- 232-ROUSSEL I., 1989 - Recherches et méthodes pour la détermination des averses. *Physio-Géo.*, n°19, pp. 55-68.
- 233-ROUSSEL I., 1990a - Investigations concernant l'évaluation du risque orageux en milieu urbain. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie.*, Vol. 3., pp. 363-372.
- 234-ROUSSEL I., 1990b - Les inondations en milieu urbain et la gestion du risque ; l'exemple de l'agglomération nancéienne. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 67 (1), pp. 13-24.
- 235-ROUSSEL I., 1997 - La pollution de l'air. Risque climatique ou risque anthropique? Sa maîtrise est-elle possible ? in *Les risques liés au climat*, sous la direction de D. Lamarre, Editions universitaires de Dijon. Université de Bourgogne, pp. 163-174.
- 236-ROUX F., 1991 - *Les orages. Météorologie des grains, de la grêle et des éclairs*. Payot. Paris, 353 p.
- 237-RUBY F., 1952 - *La grêle. Etude sur la formation de la grêle et les moyens de s'en défendre*. Flammarion. Collection "La Terre", Paris, 320 p.
- 238-RUDOLPH R.C. et SIOUTAS M.V., 1993 - Climatologie radar du déplacement des cellules orageuses en Macédoine. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol. 6, pp. 405-412.
- 239-SANCHEZ J.L., de la MADRID J.L., de la FUENTE M.T., RODRIGUEZ P., FRAILE R., 1994 - Hail size related to crop damage. *Sixth WMO scientific conference on weather modification* WMP Report n°22, technical document n° 596 Vol 1, pp. 209-212.
- 240-SANSON C., 1993 - Le renforcement de la prévention des risques naturels. *Aménagement et Nature*, Vol: 28, n° 112, pp. 1-2.
- 241-SAYOUS J.L., 1994 - La gestion "post-accidentelle" d'une catastrophe. *Aménagement et nature*. Vol. 29, n°113, pp. 15-17.
- 242-SCARWELL H., 1995 - Le régime juridique des catastrophes naturelles et leur indemnisation, *Cahiers de Géographie Physique* n°10, 1995, Lille I, U.S.T.L. pp. 83-99.
- 243-SENESI S., THEPENIER R.M., 1997 - Indices d'instabilité et occurrence d'orage : le cas de l'Ile-de-France. *La Météorologie*, 8^{ème} série, n° 19, pp. 18-33.
- 244-SIMON L., TABEAUD M., 1993 - Dommages et dégâts dans les forêts françaises : éléments pour un bilan. *Annales de géographie*, n°572, pp. 339-358.
- 245-SNEYERS R. (1975) *Sur l'analyse statistique des séries d'observation..* Note technique n° 143, Organisation Météorologique Mondiale, Genève, 192 p.
- 246-SOULAGE F., 1957 - Les noyaux de congélation de l'atmosphère. *Annales de Géophysique*. Vol. 13, pp.103-134.

Bibliographie

- 247-SPANOS S., 1993 - Climatologie limitée de l'activité convective en Macédoine centrale. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol. 6, pp.389-397.
- 248-SZYRMER W., ZAWADZKI I., 1997 - Biogenic and anthropogenic sources of ice-forming nuclei : a review. *Bulletin of the American Meteorological Society* , 78 (2), pp. 209-227.
- 249-THEYS J., FABIANI J.L., 1987 -*La société vulnérable. Evaluer et maîtriser les risques*. Presses de l'Ecole Normale Supérieure, Paris, 674 p.
- 250-THORNES J.E., 1991 - Applied climatology : severe weather and the insurance industry. *Progress in Physical Geography*, 15 (2), pp.173-181.
- 251-THOURET J.C., 1996 - Géographie physique appliquée, risques naturels, in *composantes et concepts de la géographie physique*, sous la direction de DERRUAU M., collection U, Armand Colin, Paris, pp. 167-180.
- 252-TONDUT J.L., ALLARD O., TREIL A., MEZEIX J.F., 1983 - *Relations entre les paramètres physiques des chutes de grêle et les dégâts occasionnés à la vigne*. GNEFA, Rapport technique n°47, 53 p.
- 253-TRACHEZ B., 1974 - *Climatologie physique des orages à grêle persistants : étude de l'influence du relief*. Institut et observatoire de physique du globe du Puy-de-Dôme. Ecole Nationale d'Ingénieurs des Techniques Agricoles de Bordeaux. 30 p.
- 254-TRAUTSOLT-ROUSSEL I., 1969 - Recherches sur les climats du Jura français. *Annales de Géographie*, Vol. 78, n°428, pp. 405-434.
- 255-TRICART J., 1992 - Les dangers et risques naturels et technologiques. *Annales de géographie*, n° 565, pp. 257-288.
- 256-TRIPLET J.P., ROCHE G., 1986 - *Météorologie générale*. Ecole nationale de la météorologie. 317 p.
- 257-VANDAMME R., 1998 - Enjeux et défis de la réassurance en France. *Risques* n°34, Sceptra, Paris. pp. 27-40.
- 258-VEYRET Y., PECH P., 1997 - L'homme et l'environnement. PUF, Paris, 423 p.
- 259-VIÉ LE SAGE R., 1989 - *La terre en otage*, Seuil, Paris, 251 p.
- 260-VIÉ LE SAGE R., 1991 - Catastrophes naturelles : réformer la loi du 13 juillet 1982. *Risques*, n°4, Fédération Française des Sociétés d'Assurances, Paris, pp. 171-176.
- 261-VIGNEAU J.P., 1972 - Le vent d'autan d'Aquitaine orientale. *Revue Géographique de Pyrénées et du Sud-Ouest*, 43 (3), pp. 315-342.
- 262-VIGNEAU J.P., 1985 - *Recherches sur le climat de l'extrémité orientale des Pyrénées françaises. Étude de géoclimatologie*. Thèse de doctorat d'État, Dijon. 618 p. publié sous le titre : *Climat et climats des Pyrénées-Orientales*. 618 p. J.P.V. éditeur, Toulouse, 1986.

- 263-VIGNEAU J.P., 1986 - Production du temps et film climatique, *Revue de Géographie de Lyon*, 61 (3), pp. 291-300.
- 264-VIGNEAU J.P., 1990a - Vous avez dit océanique ? Introduction à l'étude des régions climatiques du Sud-Ouest français. *Paysages et sociétés*, mélanges géographiques en l'honneur du professeur Abel Bouhier. Travaux du centre de géographie humaine et sociale, n°17, poitiers pp.345-359.
- 265-VIGNEAU J.P., 1990b - L'autre midi : réflexions sur les aspects et le fonctionnement climatiques du Sud-Ouest. *Revue de Géographie de Lyon*, 65 (2), pp. 129-137.
- 266-VIGNEAU J.P., 1997 - Le climat océanisé de la façade atlantique médiane de l'Europe, in *Le Climat, l'eau et les Hommes*. Ouvrage en l'honneur de Jean Mounier, sous la direction de V. Dubreuil et J.P. Marchand, Presses Universitaires de Rennes, 333 p.
- 267-VINET F., 1994a - *La grêle : de la connaissance de l'aléa à l'évaluation des risques*. mémoire de DEA. U.S.T. Lille I. 75 p.
- 268-VINET F., 1994b - La grêle, perception de l'aléa et définition du risque socio-économique. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol. 7, pp. 373-380.
- 269-VINET F., 1994c - Les dégâts de la grêle sur les cultures : cartographie de l'averse du 1^{er} juin 1993 dans le Saumurois. *Mappemonde.*, n°4, GIP-Reclus. pp. 41-43
- 270-VINET F., 1997 - Les risques climatiques, crise et gestion du risque : l'exemple de la recrudescence des chutes de grêle de 1992 à 1994, in *Les risques liés au climat*, sous la direction de D. Lamarre, Editions universitaires de Dijon. Université de Bourgogne, pp. 151-161.
- 271-VINET F., 1998a - Le risque-grêle en France : une approche de l'aléa à partir des données grêlimétriques. *Cahiers nantais*, n°49, pp. 57-70.
- 272-VINET F., 1998b - La gestion du risque-grêle en France. *Risques* n°34, Scepria, Paris. pp. 41-50.
- 273-VON BERTALANFFY L., 1973 - *Théorie générale des systèmes*. Dunod, Paris, 308 p.
- 274-VON UNGERN-STERBERG T., 1997 - L'assurance contre les catastrophes en Espagne. *Cahiers de recherches économiques* n°9718. Ecole HEC de l'Université de Lausanne. 20 p.
- 275-YOUNG K.C., 1993 - *Microphysical processes in clouds*. Oxford University Press, 382 p.

à paraître

DESSENS J. (1998) A physical evaluation of a hail suppression project with silver iodide ground burners in southwestern France. *Journal of Applied Meteorology*, 37, pp. 1588-1599.



Ouvrages ou articles anonymes et documentation diverse

Centenaire de la société royale d'assurances mutuelles contre la grêle "l'Etoile".(1934). Extrait du Rapport à l'assemblée générale des sociétaires du 10 janvier 1934. 50p.

Centenaire de la réunion des organismes d'assurance mutuelle de France. (1955). 85p.

Le 125^{ème} anniversaire de la société "l'Etoile" (1960) Extrait de la revue "l'assurance française,n° 157, janvier 1960. Paris. 5p.

"Le défi des filets paragrêle en arboriculture" brochure éditée par la Chambre d'Agriculture des Alpes de Haute-Provence nov. 1995

La grêle, formation et prévention, 1980 -Journée nationale d'étude. Montpellier, 28 juin 1979. Ministère de l'agriculture F.N.S.E.A., diffusé par l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture, Supplément au numéro 662-663 de la revue "Chambres d'agriculture".

Une heure avec Monsieur J. Regnault de Beaucaron, Directeur Général de "l'Etoile" in *L'assurance française*, n° 173, mars 1961, Paris 6p.

Rapports annuels de l'ANELFA

Rapports et notes techniques du GNEFA. La bibliographie issue de l'expérience Grossversuch IV est immense. Seuls ceux cités dans notre étude ont été référencés en bibliographie. Les rapports et notes sont consultables au GNEFA (Chambre Régionale d'agriculture Rhône-Alpes, Lyon)

Revue Fléaux Atmosphériques édité par le GNEFA. Nombreux numéro sur la grêle

"Grêle, un engouement pour les filets" n° Spécial de Fléaux Atmosphériques n° 11 mars 1996 GNEFA/ Chambre régionale d'Agriculture Rhône-Alpes.

Documentation Agreste, Ministère de l'agriculture/SCEES et plus spécialement :

- La dynamique des vergers de 1988 à 1993. SCEES, Ministère de l'Agriculture.Etudes n°34 décembre 1995. 49 p. plus annexes.

- Le verger français en 1992. SCEES, Ministère de l'Agriculture. Données chiffrées-agriculture n°51 janvier 1994 219 p.

- Le verger français en 1997. SCEES, Ministère de l'Agriculture. Données chiffrées-agriculture n°108 avril 1998 219 p.

-Recensements généraux de l'agriculture de 1979 et 1988

Documentation non publiée

FNPF-ONIFLHOR (1996) Vulnérabilité de la filière arboricole et gestion du risque grêle

-résultats du questionnaire (nov. 96) 84 p. (non publié)

-Étude régionale en Moyenne Garonne (juillet 96) 81 p. (non publié)

-Étude régionale dans la Drôme (juillet 1996) 81 p. (non publié)

RIGOURD J.F., 1989 - *Les météores dangereux -orages, grêle, trombes- liés aux nuages convectifs dans le Maine -et -Loire*. Rapport M-F non publié. 22 p.

Table des sigles

- ACMG : Association Climatologique de Moyenne Garonne
AIAG : Association Internationale des Assureurs contre la Grêle
ANELFA : Association Nationale d'Etude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques
APSAD : Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurance Dommage (a remplacé
l'APSAIRD : Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances contre l'Incendie et les
Risques Divers)
CCR : Caisse centrale de réassurance (dépend de l'État)
CTIFL : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes
FNGCA : Fonds National de Garantie des Calamités Agricoles
FNPF : Fédération Nationale des Producteurs de Fruits
FFSA : Fédération Française des Sociétés d'Assurance
GNEFA : Groupement National d'Étude des Fléaux Atmosphériques
ONIFLHOR : Office National Interprofessionnel des Fruits, des Légumes et de
l'Horticulture
(CT) GREF : (Centre Technique) du Génie Rural des Eaux et Forêts
SIG : système d'information géographique
TGN : Garantie TGN : Garantie "Tempête, Grêle, poids de la Neige"

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 - Les données des occurrences de grêle dans les 78 stations Météo-France retenues**
- Annexe 2 - Table du r de Bravais-pearson**
- Annexe 3 - Table du ρ de Spearman**
- Annexe 4 - Les méthodes de lutte active antigrêle**
- Annexe 5 - Tableau des stades végétatifs sur vigne**
- Annexe 6 - Les classes tarifaires des cultures pour l'assurance du risque-grêle**
- Annexe 7 - Décret fixant pour 1997 et 1998 les modalités de l'incitation à l'assurance-grêle sur cultures**
- Annexe 8 - Données générales annuelles du marché de l'assurance-grêle sur récolte en France de 1951 à 1996**

Annexe 1

Les données des occurrences de grêle dans les 78 stations Météo-France retenues

STATION	Nombre de jours avec chute de grêle de 1961 à 1995 (années entières)	Nombre de jours avec chute de grêle de 1961 à 1995 (été seulement = mai à septembre)	Pourcentage des chutes de grêle annuelles tombant en été (mai - septembre)	Pourcentage des chutes de grêle annuelles tombant en été (mai - septembre)	Nombre d'étés sans chute de grêle (sur 35)	Nombre maximal annuel de chutes de grêle d'été	Pourcentage d'étés avec au moins une grêle	Mois comptant le plus de jours avec chute de grêle
Abbeville	184	22	12,0	88,0	21	4	40	12
Agen	84	35	41,7	58,3	14	4	60	5
Alençon	108	28	25,9	74,1	15	3	57,14	4
Amberieu	45	21	46,7	53,3	22	3	37,14	4
Angers	76	22	28,9	71,1	21	5	40	3
Auxerre	49	23	46,9	53,1	20	3	42,86	4
Avord	117	38	32,5	67,5	14	4	60	4
Bale-Mulhouse	81	38	46,9	53,1	12	4	65,71	5
Beauvais	115	39	33,9	66,1	12	5	65,71	5
Belfort	57	28	49,1	50,9	15	3	57,14	5
Besançon	76	27	35,5	64,5	19	3	45,71	3
Biarritz	205	26	12,7	87,3	16	3	54,29	3
Bordeaux	128	21	16,4	83,6	19	3	45,71	2
Bourg-Saint-Maurice	30	24	80,0	20,0	21	3	40	7
Bourges	72	36	50,0	50,0	16	5	54,29	5
Brest	350	18	5,1	94,9	21	4	40	1
Caen	155	23	14,8	85,2	17	3	51,43	3
Cap-BÉar	15	4	26,7	73,3	30	2	14,29	3
Cap-Ferret	123	14	11,4	88,6	26	3	25,71	1
Carcassonne	74	22	29,7	70,3	17	3	51,43	4
Cazaux	176	18	10,2	89,8	22	3	37,14	1
Chartres	124	36	29,0	71,0	16	6	54,29	4
Chateaudun	120	43	35,8	64,2	10	5	71,43	4
Clermont-Ferrand	46	32	69,6	30,4	13	3	62,86	5
Cognac	123	19	15,4	84,6	19	2	45,71	4
Colmar	40	25	62,5	37,5	16	3	54,29	6
Dax	180	25	13,9	86,1	14	2	60	2
Dijon	60	37	61,7	38,3	12	3	65,71	5
Dunkerque	113	12	10,6	89,4	24	3	31,43	2
Embrun	53	44	83,0	17,0	8	4	77,14	8
Gourdon	69	31	44,9	55,1	11	2	68,57	3
Ile d'Ouessant	194	4	2,1	97,9	31	1	11,43	1

Annexes

Ile de Bréhat	249	13	5,2	94,8	25	4	28,57	1
Ile de Groix	82	5	6,1	93,9	30	1	14,29	1
Istres	42	8	19,0	81,0	27	1	22,86	1
La Rochelle	124	14	11,3	88,7	21	2	40	1
Langres	66	38	57,6	42,4	14	4	60	5
Le Luc	48	20	41,7	58,3	22	3	37,14	1
Le Mans	94	29	30,9	69,1	15	3	57,14	5
Lille	132	33	25,0	75,0	15	4	57,14	3
Limoges	129	43	33,3	66,7	10	5	66,67	4
Lorient	224	19	8,5	91,5	24	3	31,43	1
Luxeuil	129	49	38,0	62,0	10	5	71,43	4
Lyon	50	32	64,0	36,0	17	4	48,48	7
Macon	60	34	56,7	43,3	13	3	62,86	6
Metz	83	26	31,3	68,7	17	3	51,43	3
Mont-de-Marsan	194	38	19,6	80,4	10	4	71,43	2
Montélimar	75	38	50,7	49,3	13	4	62,86	4
Montpellier	29	8	27,6	72,4	27	2	22,86	4
Nancy	143	55	38,5	61,5	10	7	71,43	4
Nantes	116	14	12,1	87,9	23	2	34,29	4
Nevers	41	24	58,5	41,5	19	5	45,71	5
Nice	44	9	20,5	79,5	27	2	22,86	12
Nîmes	46	18	39,1	60,9	23	3	34,29	4
orange	33	16	48,5	51,5	21	2	40	7
Orléans	113	30	26,5	73,5	15	6	57,14	3
Paris	117	30	25,6	74,4	16	3	54,29	4
Pau	60	23	38,3	61,7	17	3	51,43	3
Perpignan	17	8	47,1	52,9	27	2	22,86	7
Pointe de la Coubre	82	7	9,8	90,2	25	2	16,67	1
Poitiers	103	29	28,2	71,8	15	3	57,14	4
Reims	103	33	32,0	68,0	15	4	57,14	4
Rennes	192	42	21,9	78,1	11	5	68,57	3
Saint-Auban	57	37	64,9	35,1	14	4	60	5
Saint-Dizier	134	38	28,4	71,6	15	5	57,14	4
Saint-Étienne	59	39	66,1	33,9	15	4	57,14	6
Saint-Girons	81	38	46,9	53,1	14	6	60	4
Saint-Nazaire	131	17	13,0	87,0	24	3	31,43	3
Saint-Quentin	89	35	39,3	60,7	16	2	54,29	5

Saint-Raphael	60	16	26,7	73,3	25	3	28,57	1
Salon-de-Provence	38	19	50,0	50,0	20	3	42,86	4
Sète	19	5	26,3	73,7	31	2	11,43	3
Strasbourg	52	24	46,2	53,8	17	3	51,43	4
Tarbes	63	22	34,9	65,1	19	3	45,71	3
Toulon	41	7	17,1	82,9	29	3	17,14	3
Toulouse	65	29	44,6	55,4	15	3	57,14	4
Tours	80	23	28,8	71,3	16	3	54,29	4
Trappes	168	44	26,2	73,8	12	4	65,71	4
Vichy	66	34	51,5	48,5	15	5	57,14	4
N.B. : Les stations des Pointes de la Coubre et de Limoges ont des données sur la période 1961-1990. Les chiffres concernant la grêle d'été ont été convertis sur 35 ans pour permettre la comparaison avec les autres stations.								
Idem pour Lyon où les chiffres Météo-France n'incluent pas les étés 1993 et 1994								

Annexe 2

Table du r de Bravais-pearson

Sa construction repose sur le test d'hypothèse nulle (annexe I) :

$$H_0 : r = 0$$

Il y a indépendance entre la variable expliquée Y et la (les) variable(s) explicative(s) X.

Pour un risque d'erreur α fixé et un nombre de degrés de liberté v (annexe H), cette table indique le seuil inférieur de significativité d'un coefficient de corrélation linéaire : si r calculé est supérieur à r lu dans la table, on conclut qu'il existe une corrélation linéaire significative, avec un risque d'erreur α ; r se lit en fonction de v .

$v = n - p - 1$ où n : nombre de couples;
 p : nombre de variables explicatives (une seule dans le cas d'une corrélation simple).

$\alpha \rightarrow$				$\alpha \rightarrow$			
$v \downarrow$	0,10	0,05	0,02	$v \downarrow$	0,10	0,05	0,02
1	0,987 7	0,996 9	0,999 5	16	0,400 0	0,468 3	0,542 5
2	0,900 0	0,950 0	0,980 0	17	0,388 7	0,455 5	0,528 5
3	0,805 4	0,878 3	0,934 3	18	0,378 3	0,443 8	0,515 5
4	0,729 3	0,811 4	0,882 2	19	0,368 7	0,432 9	0,503 4
5	0,669 4	0,754 5	0,832 9	20	0,359 8	0,422 7	0,492 1
6	0,621 5	0,706 7	0,788 7				
7	0,582 2	0,666 4	0,749 8	25	0,323 3	0,380 9	0,445 1
8	0,549 4	0,631 9	0,715 5	30	0,296 0	0,349 4	0,409 3
9	0,521 4	0,602 1	0,685 1	35	0,274 6	0,324 6	0,381 0
10	0,497 3	0,576 0	0,658 1	40	0,257 3	0,304 4	0,357 8
				45	0,242 8	0,287 5	0,338 4
11	0,476 2	0,552 9	0,633 9	50	0,230 6	0,273 2	0,321 8
12	0,457 5	0,532 4	0,612 0	60	0,210 8	0,250 0	0,294 8
13	0,440 9	0,513 9	0,592 3	70	0,195 4	0,231 9	0,273 7
14	0,425 9	0,497 3	0,574 2	80	0,182 9	0,217 2	0,256 5
15	0,412 4	0,482 1	0,557 7	90	0,172 6	0,205 0	0,242 2
				100	0,163 8	0,194 6	0,230 1

Annexe 3

Table du ρ de Spearman(même principe de lecture que le tableau du r de Bravais-Pearson)

n ↓	$\alpha \rightarrow$		n ↓	$\alpha \rightarrow$	
	0,05	0,01		0,05	0,01
4	1,00	—	24	0,34	0,49
5	0,90	1,00	26	0,33	0,47
6	0,83	0,94	28	0,32	0,45
7	0,71	0,89	30	0,31	0,43
8	0,64	0,83	35	0,28	0,40
9	0,60	0,78	40	0,26	0,37
10	0,56	0,75	45	0,25	0,35
12	0,51	0,71	50	0,24	0,33
14	0,46	0,64	55	0,22	0,32
16	0,42	0,60	60	0,21	0,30
18	0,40	0,56	70	0,20	0,28
20	0,38	0,53	80	0,19	0,26
22	0,36	0,51	100	0,17	0,23

Annexe 4

Les méthodes de lutte active antigrêle

Après les expériences d'augmentation des pluies, la lutte antigrêle est l'expérience de modification artificielle du climat qui mobilise le plus d'énergie dans le monde. Elle consiste à modifier chimiquement les nuages potentiellement grêligènes de façon à diminuer ou supprimer les chutes de grêle au sol. Il existe plusieurs méthodes qui se différencient par les produits chimiques employés et les vecteurs utilisés pour atteindre le nuage. Nous nous limiterons aux méthodes pratiquées actuellement en France et à l'expérience Grossversuch IV.

1- L'iodure d'argent (Mezeix et alii, 1986 ; documentation ANELFA)

Une majorité d'expérience de lutte active emploie l'iodure d'argent comme agent chimique actif. L'intérêt de son utilisation est étroitement dépendant des connaissances acquises dans la microphysique des nuages (chap 3). On constate en effet que les fortes chutes de grêle surtout celles à gros grêlons résulte de la carence en noyaux de congélation dans les niveaux supérieurs (-10°C) des cumulonimbus. L'eau en surfusion¹ disponible à cette altitude se condense donc sur quelques noyaux présents. La taille des cristaux de glace augmente donc rapidement par coalescence et captage des microgouttelettes d'eau. Les grêlons ainsi formés sont trop volumineux pour pouvoir fondre avant l'arrivée au sol. Il y a chute de grêle. Or les travaux de Soulage F. (1957) ont montré que la structure cristallographique de l'iodure d'argent, proche de celle de l'eau, en faisait d'excellents noyaux de congélation. L'injection de cristaux d'iodure d'argent dans les cumulonimbus augmente donc le nombre de noyaux de congélation. La combustion d'un millionième de gramme d'iodure d'argent peut produire jusqu'à 100 millions de noyaux glaçogènes actifs à -10°C . Ainsi la condensation de l'eau en surfusion va se répartir sur de nombreux noyaux glaçogènes. Les grêlons formés seront moins gros et donc susceptibles de fondre avant leur arrivée au sol.

Si ce principe est généralement reconnu, sa mise en oeuvre fait appel à des techniques différentes.

2- L'expérience Grossversuch IV (Mezeix et alii, 1986 ; Federer et alii, 1986....)

L'expérience de lutte active Grossversuch IV menée en Suisse entre 1977 et 1983 et à laquelle participaient de nombreux français, utilisait une méthode d'insémination des nuages développée par les Soviétiques dans les années 1960. L'iodure d'argent était injectée dans la zone d'accumulation du cumulonimbus par des fusées lourdes emportant 5 kilogrammes de réactif à l'iodure d'argent. Les fusées libéraient leurs noyaux de congélation (5.10^{14}) vers 5 à 6000 m d'altitude.

Le test est dit "randomisé" c'est-à-dire que les nuages potentiellement grêligènes sont tirés au sort : certains sontensemencés, d'autres pas. Les résultats sont testés par un réseau de grêlimètres au sol.

Les acteurs de l'expérience Grossversuch IV conclurent (Federer et alii, 1986) à l'inefficacité de la méthode soviétique. Certaines conditions de l'expérience et la

¹eau en surfusion : eau maintenue à l'état liquide en dessous du seuil de 0°C par manque de noyaux de condensation.

climatologie différente de la grêle en (ex.) U.R.S.S. et en Suisse peuvent expliquer cette conclusion (Dessens J., 1988).

3- La lutte active de l'ANELFA (compte rendu annuel ANELFA)

Depuis 1951, l'ANELFA poursuit une expérience de lutte active antigrêle dans le Sud-Ouest de la France et dans quelques départements comme le Cher, la Drôme, la Loire (arrondissement de Roanne). Le principe d'action utilise l'iodure d'argent (voir ci-dessus). L'injection de l'iodure d'argent se fait par des générateurs au sol qui brûlent un mélange d'acétone et d'iodure d'argent. Les particules d'iodure d'argent libérées sont aspirées par le cumulonimbus et s'élèvent jusqu'au niveau de formation des grêlons. La méthode des générateurs a l'avantage d'être moins coûteuse que les fusées ou les avions.

L'ANELFA est structurée en réseaux départementaux qui sont mis en fonctionnement séparément. La prévision est départementale. Elle est assurée par Météo-France. Compte tenu de la méthode d'intervention, l'ANELFA demande à météo-France d'adresser son message d'alerte quatre heures au moins avant l'éventuelle chute de grêle de façon à ce que le réseau soit mis en fonctionnement trois heures au moins avant une chute de grêle prévue. Il n'y a pas tirage au sort. Seules deux clauses sont formulées par l'ANELFA :

1-L'ANELFA ne souhaite pas intervenir lorsque le vent maximal observé ou prévu dans la troposphère est inférieur à 10 m.s^{-1}

2-L'ANELFA souhaite intervenir systématiquement lorsque le vent maximal observé ou prévu dans la troposphère est supérieur à 40 m.s^{-1}

Chaque matin, pendant la durée de la campagne, c'est-à-dire du 15 avril au 15 octobre, Météo-France envoie un message indicatif par Minitel.

Situation A : orage prévu

Situation B : risque d'orage non exclu

Situation C : pas d'orage prévu

Dans la journée, l'alerte peut être donnée par Météo-France à l'ANELFA qui la répercute auprès des responsables de générateurs.

Le financement de l'ANELFA est assuré par :

-Un syndicat intercommunal

-Les Conseils Généraux

-Les Chambres d'Agriculture

La validation de la méthode, autrefois effectuée à l'aide des données de l'assurance agricole (Dessens J., 1986) est aujourd'hui menée grâce au réseau de grêlimètres qui correspond en gros à la zone couverte par les générateurs. D'après J. Dessens (1998), la comparaison des données grêlimétriques et des émissions d'iodure d'argent, compte tenu du déplacement de l'orage (quelques dizaines de kilomètres) pendant la durée d'ensemencement et de formation de la grêle (une heure environ), entraînerait une diminution de 42 % du nombre de grêlons dans les cellules traitées.

4-La lutte active par sels hygroscopiques (Mather G.K., 1991 ; Mather G.K. & Terblanche D., 1994 ; rapport d'activité ACMG)

Elle est pratiquée par l'ACMG qui couvre le Lot-et-Garonne, le Tarn-et-Garonne et une partie de la Gironde . Elle reprend la méthode par préconisée par G. K. Mather. Ce dernier dirige des recherches sur l'augmentation des précipitations liquides en Afrique du Sud. L'équipe de G.K. Mather a constaté que des noyaux hygroscopiques produits par une usine de pâte à papier pouvaient provoquer des modifications des caractéristiques microphysiques des cellules de précipitations convectives. Les expériences qui ont suivi en Afrique du sud confirment (Mather G.K., Terblanche D., 1994) que l'ensemencement de la base des cellules orageuses avec des sels hygroscopiques de chlorure de sodium et de potassium (0,3 à 0,5 μ) permet d'augmenter les pluies de 25 % à 30 %. Ainsi en ensemençant la base d'un nuage grêligène, on peut augmenter la part de précipitations liquides du nuage empêchant de fortes quantités de vapeur d'eau d'aller former des grêlons dans les niveaux supérieurs. On constate simultanément dans les cellulesensemencées par des sels hygroscopiques une concentration anormalement élevée de cristaux de glace vers -10°C et au-dessus. La combinaison de la formation précoce de la pluie et de l'augmentation de la concentration de cristaux de glace doit permettre de réduire la formation de grêle.

La prévision des cellules orageuses est assurée par l'ACMG elle-même à l'aide d'un radar et d'un récepteur d'images Meteosat. La décision d'ensemencer la cellule est tirée au sort. Si le tirage au sort décide d'un ensemencement, l'avion équipé de torches décolle. La durée de l'ensemencement est au maximum d'une heure.

Le contrôle au sol est assuré par un réseau de grêlimètres (voir chap. 2) et de pluviomètres couvrant les trois départements.

Tableau des stades végétatifs sur vigne

Stades	Description
01	Repos d'hiver, bourgeons pointus à arrondis, écailles plus ou moins fermées selon les cépages.
02	Début gonflement des bourgeons à l'intérieur des écailles.
03	Bourgeon dans le coton, "bourre bien visible". (stade B)
05	Pointe verte de la pousse visible. (stade C)
06	Eclatement des bourgeons. (stade D)
07	Première feuille étalée.
09	Deux à trois feuilles étalées.
12	Cinq à six feuilles étalées, inflorescences nettement visibles. (stade F)
15	Les inflorescences se développent, boutons floraux encore agglomérés. (stade G)
16	Huit - neuf feuilles.
17	Les inflorescences sont entièrement développées et les boutons floraux séparés. (stade H)
18	Onze-douze feuilles.
19	Tout début de la floraison, chute des premiers capuchons floraux.
23	Pleine floraison, 50 % des capuchons floraux sont tombés. (stade I) *
25	Fin floraison, 80 % des capuchons floraux sont tombés.
27	Nouaison, les ovaires grossissent et l'ensemble des pièces florales est détaché. (stade J) *
29	Baies à taille de grains de plomb, les grappes commencent à s'infléchir vers le bas.
31	Baies à taille de pois, les grappes pendent.
33	Fermeture de la grappe.
35	Début de la véraison, les baies deviennent translucides et se colorent.
36	Mi-véraison.
37	Fin véraison.
38	Date de la récolte.
43	Début de la chute des feuilles.
47	Fin de la chute des feuilles.

* stades Baggiolini



STADES REPERES DE LA VIGNE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE LA PÊCHE ET DE LA FORÊT — SERVICES DE LA PROTECTION DES VÉGÉTAUX



01 - Repos d'hiver



03 - Bourgeon dans le coton



05 - Pointe verte de la pousse visible



06 - Eclatement des bourgeons



09 - 2 ou 3 feuilles étalées



12 - 5 ou 6 feuilles étalées
inflorescences visibles



15 - Boutons floraux encore agglomérés



17 - Boutons floraux séparés



23 - Pleine floraison



27 - Nouaison



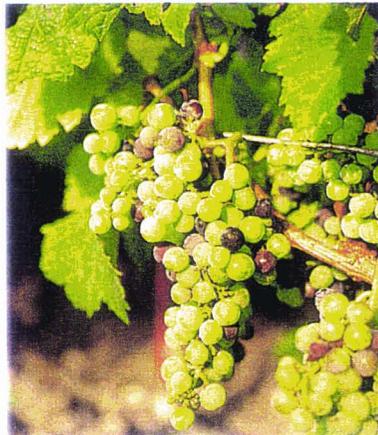
29 - Baies à taille de grains de plomb



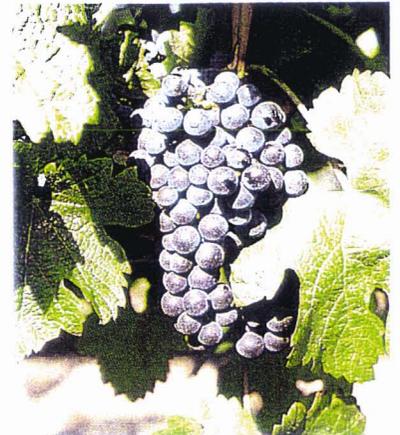
31 - Baies à taille de pois



33 - Fermeture de la grappe



35 - Début véraison



37 - Fin véraison

Annexe 6

Les classes tarifaires des cultures
pour l'assurance du risque-grêle

classe	type de culture	sous-classe particulière (exemple)
classe 1	blé et céréales fourragères	1-11 : blé dur...
classe 2	autres céréales	2-12 : orge d'hiver 2-31 : maïs grain...
classe 3	oléagineux et protéagineux	3-11 : colza 3-41 : tournesol...
classe 4	vigne	4-11 : vin de consommation courante 4-40 : VDQS...
classe 5	légumes divers	5-12 : endives 5-16 : asperges...
classe 6	fleurs, petits fruits, fruits secs...	6-10 : fleurs plein air 6-93 : cassis, groseilles, myrtilles... 6-94 : noix, noisette, amandes...
classe 7	fruits, pépinières	7-11 : fraises 7-70 : olives... 7-92 : pépinières ornementales...
classe 8	légumes-feuilles et petits fruits	8-93 : salades 8-97 : framboises, mûres...
classe 9	fruits	9-10 : pommes golden 9-21 : poires 9-51 : pêches 9-81 : prunes 9-82 : abricots 9-70 : autres pommes

d'après renseignements fournis par divers assureurs

N.B. : le tabac est géré, pour des raisons techniques et historiques, par un système d'assurance qui lui est propre et qui combine la couverture du risque grêle à celle d'autres risques climatiques et phytosanitaires.

La grande classe "céréales et assimilées" regroupe les classes 1 à 3

La grande classe "fruits et assimilés" regroupe les classes 5 à 9

Décret fixant pour 1997 et 1998 les modalités de l'incitation à l'assurance-grêle sur cultures
(Journal Officiel 10 septembre 1997, N°210, p.13190)

Décret n° 97-828 du 8 septembre 1997 fixant pour 1997 et 1998 les modalités d'application de l'article L. 361-8 du livre III (nouveau) du code rural en vue de favoriser le développement de l'assurance contre les risques agricoles (grêle)

NOR : AGRS9701191D

Le Premier ministre,

Sur rapport du ministre de l'économie, des finances et de l'industrie et du ministre de l'agriculture et de la pêche,

Vu l'article L. 361-8 du livre III (nouveau) du code rural ;

Vu l'article R.* 361-28 du code rural ;

Vu l'avis de la Commission nationale des calamités agricoles émis dans la séance du 19 décembre 1996,

Décrète :

Art. 1^{er}. - Pour les années 1997 et 1998 les agriculteurs pourront obtenir la prise en charge d'une fraction des primes ou cotisations relatives aux contrats d'assurance qu'ils ont souscrits contre la grêle et qui garantissent les récoltes fruitières produites par arbres et arbustes, ainsi que les récoltes de légumes-feuilles et de légumes-fruits.

Art. 2. - A cet effet, le Fonds national de garantie des calamités agricoles verse une subvention venant en diminution de la prime ou cotisation afférente au contrat d'assurance souscrit.

Art. 3. - Le montant de cette subvention du Fonds national de garantie des calamités agricoles représentera 7,5 p. 100 de la prime ou cotisation nette d'impôt et taxe acquittée par l'assurée.

Art. 4. - Toutefois, lorsque les récoltes visées à l'article 1^{er} sont situées dans un département où le conseil général a institué une aide à l'assurance grêle dont le taux est supérieur à 5 % et inférieur ou égal à 10 %, le montant de cette subvention du Fonds national de garantie des calamités agricoles sera pour chaque contrat souscrit égal à 10 % de la prime ou cotisation nette d'impôts et taxes acquittées par l'assuré. Ce taux sera porté à 15 % si l'aide du conseil général est supérieure à 10 %.

Art. 5. - Pour les jeunes agriculteurs ayant bénéficié d'une aide à l'installation depuis moins de trois ans, le montant de la subvention du Fonds national de garantie des calamités agricoles représentera 10 % de la prime ou cotisation nette d'impôts et taxes acquittée par l'assuré, relative aux productions visées à l'article 1^{er}.

Art. 6. - Le montant de la subvention du Fonds national de garantie des calamités agricoles est, pour les jeunes agriculteurs visés à l'article 5, porté à 15 % si l'aide du conseil général est supérieure à 5 % et inférieure ou égale à 10 %, et à 20 % si l'aide du conseil général est supérieure à 10 %.

Art. 7. - Les subventions sont versées directement par la caisse centrale de réassurance aux organismes d'assurance auprès desquels ont été souscrits les contrats, sur justification en tant que de besoin que leurs assurés ont effectivement bénéficié des aides accordées par le département.

Art. 8. - Le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie, le ministre de l'agriculture et de la pêche et le secrétaire d'Etat au budget, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 8 septembre 1997.

LIONEL JOSPIN

Par le Premier ministre :

Le ministre de l'agriculture et de la pêche,

LOUIS LE PENSEC

*Le ministre de l'économie,
des finances et de l'industrie,*
DOMINIQUE STRAUSS-KAHN

Le secrétaire d'Etat au budget,

CHRISTIAN SAUTTER

Annexe 8

Données générales annuelles du marché de l'assurance-grêle sur récolte en France de 1951 à 1996

(toutes cultures, y compris les cultures sous serres et toutes compagnies confondues d'après l'enquête annuelle de l'Association Internationale des Assureurs contre la Grêle)

Année	Nombre de contrats d'assurance-grêle sur récolte	Capitaux assurés (en millions de francs courants)	Cotisations (en millions de francs courants)	Indemnités (en millions de francs courants)	Nbre de sinistres	% des contrats touchés	IFC (Indice des prix à la consommation)
1951	?	156 642	2541,49	1568,50	?	?	0,12
1952	236 585	157 681	2547,86	2032,12	27 122	11,46	0,107
1953	256 848	183 985	2580,00	1082,26	18 180	7,08	0,109
1954	265 717	196 685	2649,63	884,32	18 729	7,05	0,109
1955	272 622	212 315	2834,60	2983,45	44 513	16,33	0,107
1956	274 613	208 029	2913,42	1890,21	32 380	11,79	0,103
1957	302 759	272 509	3533,30	3286,05	32 249	10,65	0,1
1958	330 550	311 213	4492,74	3723,31	47 140	14,26	0,087
1959	334 645	350 123	4929,43	2244,93	30 311	9,06	0,082
1960	340 309	3 795	52,71	25,92	37 905	11,14	7,91
1961	355 654	4 103	57,96	29,64	31 868	8,96	7,66
1962	367 158	4 653	64,91	32,50	29 159	7,94	7,31
1963	428 351	5 645	69,19	73,90	53 509	12,49	6,96
1964	303 863	5 049	82,07	54,50	32 374	10,65	6,75
1965	309 754	5 713	93,67	66,46	42 871	13,84	6,57
1966	326 500	6 222	108,20	83,71	42 150	12,91	6,36
1967	330 935	6 937	117,08	119,07	60 915	18,41	6,17
1968	342 711	7 966	142,82	129,60	62 280	18,17	5,89
1969	325 426	11 786	163,16	108,69	57 507	17,67	5,53
1970	347 677	9 385	179,00	139,08	58 626	16,86	5,25
1971	350 137	11 218	208,56	426,30	138 569	39,58	4,97
1972	344 162	12 461	259,93	96,15	42 583	12,37	4,68
1973	345 603	13 994	296,25	150,98	54 728	15,84	4,36
1974	340 642	15 957	327,81	84,31	29 442	8,64	3,84
1975	339 314	17 519	357,65	202,05	44 674	13,17	3,43
1976	338 316	19 059	392,21	147,41	34 357	10,16	3,12
1977	340 556	20 538	413,85	237,58	46 066	13,53	2,86
1978	337 804	22 467	472,22	138,95	26 775	7,93	2,62
1979	333 377	26 391	517,16	158,50	22 932	6,88	2,37
1980	332 231	28 575	570,59	219,29	23 916	7,20	2,08
1981	322 586	28 412	629,72	392,84	38 877	12,05	1,84
1982	318 928	32 197	710,79	551,88	54 957	17,23	1,65
1983	320 823	36 867	822,84	945,98	66 218	20,64	1,51
1984	321 242	42 317	956,78	1028,96	50 767	15,80	1,4
1985	312 678	53 745	1048,25	788,06	43 695	13,97	1,33
1986	317 233	49 115	1126,66	668,28	34 808	10,97	1,3
1987	317 801	51 443	1221,81	693,68	44 727	14,07	1,26
1988	294 333	53 845	1273,27	927,92	47 764	16,23	1,22
1989	296 890	56 812	1307,23	1148,58	52 621	17,72	1,18
1990	289 067	60 982	1421,18	893,08	44 341	15,34	1,14
1991	255 961	53 921	1283,14	497,55	30 892	12,07	1,1
1992	277 674	56 970	1343,73	1498,55	51 127	18,41	1,08
1993	271 354	59 298	1292,66	2017,29	79 956	29,47	1,05
1994	239 950	56 993	1288,01	1455,05	64 859	27,03	1,04
1995	228 373	59 772	1289,44	569,21	37 042	16,22	1,02
1996	233 919	61 037	1297,99	608,35	30 257	12,93	1

GLOSSAIRE

Antisélection : voir sélection

Capital assuré : en assurance-grêle désigne la valeur de la récolte assurée. Ce capital sert de référence au calcul de l'indemnisation en cas de grêle.

CAT NAT : contraction de "catastrophe naturelle" (Bourrelier P.H., 1997). Désigne le régime de garantie des catastrophes naturelles établi par la loi du 13 juillet 1982.

Cindynique (voir géo-cindyniques)

Cindynogènes : facteur ou processus qui provoque ou amplifie un danger.

Coefficient additionnel de franchise : coefficient multiplicateur permettant de passer des pertes indemnisées par les assureurs aux pertes réellement subies par les agriculteurs.

Déclaration d'assolement : document rempli annuellement par les agriculteurs vers le mois de mai décrivant précisément les parcelles de cultures qui souhaite assurer.

Embryons : premier stade de formation de la grêle, les embryons se forment par accréation d'eau surfondue sur les noyaux glaçogènes. Leur taille varie de 10 à 100 micromètres.

Énergie cinétique (chap 2) : énergie d'un corps en mouvement. Pour la grêle, on calcule l'énergie de la chute de grêle en multipliant la vitesse de chute par la masse du grêlon.

Franchise : part des dommages restant à la charge de l'assuré. Cette franchise est le plus souvent parcellaire mais il existe des franchises d'exploitation.

Géo-cindynique : La cindynique, science du danger (Kervern G.Y., 1995) appliquée à la géographie et en particulier à l'étude des risques d'origine naturelle (L. Faugères, 1991).

Grêlimètre (chap 2) : appareil constitué d'une tige métallique supportant une plaque de polystyrène extrudé se déformant sous les impacts des grêlons.

Grêlifère (adj.) : qui reçoit de la grêle (s'applique en particulier à un espace géographique).

Grêligène (adj.) : qui provoque ou favorise la grêle.

Grésil : précipitation de glace ou de glace fondante de diamètre inférieur à 5 mm.

Kéraunique (niveau) : nombre de jours où le tonnerre est entendu pendant une période donnée.

Noyaux glaçogènes : particule d'origine minérale ou organique provoquant la congélation de vapeur d'eau ou d'eau surfondue dans les nuages.

Réassurance : opération par laquelle un assureur fait garantir par un autre assureur tout ou partie des risques qu'il a lui-même couverts. En France, la Caisse Centrale de Réassurance qui bénéficie de la garantie de l'État réassure bon nombre des risques d'origine naturelle.

Roofmate : marque de polystyrène extrudé constituant les plaques grêlimétriques (chap 2)

Sélection / antisélection : La sélection est un terme des assureurs qui définit leur aptitude et leur possibilité de constituer un portefeuille où les risques sont bien répartis. L'antisélection s'opère lorsque l'assureur ne contrôle pas les risques qu'il prend en charge et lorsqu'il assure de plus en plus de "mauvais risques".

Sinistralité : rapport des indemnisations versées par les assureurs sur les capitaux assurés.

Station fruitière : installation destinée à conserver et conditionner les fruits. De plus en plus de grosses exploitations fruitières disposent de leur station fruitière et se sont équipées de filets paragrêle pour alimenter ces stations.

Taux de couverture (Tc) : Pourcentage des surfaces cultivées assurées contre la grêle (pour un type de culture donné).

Taux de perte(chap 4) : pourcentage de la récolte détruit par la grêle. Etabli par un expert.

Taux de prime ou cotisation (chap 5) : la cotisation annuelle versée par les agriculteurs assurés contre la grêle est calculée en pourcentage du capital assuré : de 1,5 à 15 % du capital assuré selon le type de culture et la région. Les sociétés privées employaient plutôt le terme "prime" et les mutuelles le terme "cotisation". Ce dernier terme tend à se généraliser.

Taux plancher : taux de cotisation minimal au-dessous duquel l'assurance est pratiquée à perte. Les agents locaux d'assurance ne doivent pas pratiquer de tarifs inférieurs.

Taux de référence (blé) : taux de cotisation de base calculé en général sur le blé. Le taux de cotisation des autres cultures est calculé en multipliant ce taux de référence par un coefficient variant selon la sensibilité des récoltes.

TGN : (Tempête, Grêle, Neige sur toiture) Extension de garantie jointe aux contrats d'assurance incendie et multirisques habitation, instaurée progressivement depuis 1984 et obligatoire depuis 1990.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Table des cartes

Carte 1 - Les 79 stations Météo-France	33
Carte 2 - Nombre de jours avec chute de grêle en trente-cinq ans	40
Carte 3 - Part des chutes de grêle d'été dans le total annuel	42
Carte 4 - Répartition spatiale des mois les plus grêlifères en France	44
Carte 5 - Fréquence et récurrence moyennes de la grêle d'été	47
Carte 6 - Les chutes de grêle d'été recensées par la presse en France (1990-1996)	49
Carte 7 - Au coeur de l'été : la grêle en juin, juillet et août	51
Carte 8 - Répartition mensuelle des chutes de grêle d'été (d'après la presse)	52
Carte 9 - La fréquence des étés avec grêle	55
Carte 10 - La variabilité interannuelle des chutes de grêle d'été	57
Carte 11 - Les réseaux grêlimétriques en France en 1996	83
Carte 12 - L'influence de la densité des réseaux grêlimétriques sur la fréquence de la grêle	92
Carte 13 - Répartition régionale des distributions horaires des chutes de grêle	102
Carte 14 - Répartition mensuelle de l'énergie des chutes de grêle par département	107
Carte 15 - La représentativité des carreaux dans l'analyse par carroyage	112
Carte 16 - La fréquence ponctuelle de la grêle	114
Carte 17 - La fréquence moyenne ponctuelle des chutes de grêle	115
Carte 18 - Fréquence ponctuelle moyenne de la grêle par département	117
Carte 19 - Fréquences annuelles des chutes de grêle dans le Sud-Ouest d'après Castet et Deyries (1970)	119
Carte 20 - La fréquence de la grêle dans le Sud-Ouest d'après les réseaux grêlimétriques (1987-1996)	119
Carte 21 - L'intensité moyenne des chutes de grêle	122
Carte 22 - L'intensité moyenne annuelle de la grêle	124
Carte 23 - Énergie moyenne annuelle ponctuelle par département	126
Carte 24 - La fréquence des chutes de grêle moyenne et forte	128
Carte 25 - La fréquence de la grêle d'été en France d'après les réseaux grêlimétriques : synthèse et extrapolation	131
Carte 26 - Localisation des principales averses de grêle le 5 juillet 1993	141
Carte 27 - Le coût de la grêle du 5 juillet 1993 pour la MAIF	141

Table des illustrations

Carte 28 - Cumuls de précipitations le 5 juillet 1993 sur le sud-ouest et centre-est de la France	142
Carte 29a - Mosaïque radar complète le 5 juillet 1993 à 12 heures 30 UTC	146
Carte 29b - Mosaïque radar complète le 5 juillet 1993 à 16 heures UTC	147
Carte 29c - Mosaïque radar complète le 5 juillet 1993 à 17 heures 15 UTC	148
Carte 29d - Mosaïque radar complète le 5 juillet 1993 à 19 heures UTC	149
Carte 29e - Mosaïque radar complète le 5 juillet 1993 à 19 heures 30 UTC	150
Carte 30 - La situation météorologique en surface le 5 juillet 1993 à 0 hTU	153
Carte 31a - Situation atmosphérique en surface le 5 juillet 1993 à 12 hTU	154
Carte 31b - Situation atmosphérique en altitude (500 hPa) le 5 juillet 1993	154
Carte 32 - La situation météorologique en surface le 5 juillet 1993 à 18 hTU	155
Cartes 33 - La séquence grêlifère du 28 au 31 juillet 1994	163
Carte 34a - La situation météorologique en surface le 27 juillet 1994 à 12 hTU	166
Carte 34b - La situation météorologique en altitude le 27 juillet 1994 à 12 hTU	166
Carte 35a - La situation météorologique en surface le 28 juillet 1994 à 12 hTU	167
Carte 35b - La situation météorologique en altitude le 28 juillet 1994 à 12 hTU	167
Carte 36a - La situation météorologique en surface le 29 juillet 1994 à 12 hTU	168
Carte 36b - La situation météorologique en altitude le 29 juillet 1994 à 12 hTU	168
Carte 37a - La situation météorologique en surface le 30 juillet 1994 à 12 hTU	169
Carte 37b - La situation météorologique en altitude le 30 juillet 1994 à 12 hTU	169
Carte 38a - La situation météorologique en surface le 31 juillet 1994 à 12 hTU	170
Carte 38b - La situation météorologique en altitude le 31 juillet 1994 à 12 hTU	170
Cartes 39 - Évolution de la situation météorologique en surface dans l'après-midi du 31 juillet 1994	172
Carte 40 - Mosaïque radar complète le 31 juillet 1994 à 14 heures UTC	174
Carte 41 - Mosaïque radar complète le 31 juillet 1994 à 16 heures UTC	175
Carte 42 - Les averses de grêle détectées par les réseaux grêlimétriques le 18 juin 1994	176
Carte 43a - La situation météorologique en surface le 18 juin 1994 à 12 hTU	178
Carte 43b - La situation météorologique en altitude le 18 juin 1994 à 12 hTU	178
Carte 44 - La situation à 18 heures TU le 18 juin 1994	179
Carte 45 - Trajectoires des principaux orages à grêle observés de 1952 à 1996 dans le sud-ouest de la France	199
Carte 46 - Fortes précipitations et chutes de grêle en Moyenne-Garonne le 18 juin 1994	203
Carte 47 - Les relations entre l'altitude et la grêle dans les Pyrénées centrales	209

Carte 48 - Trajets d'orages à grêle et relief dans le bassin de la Garonne	211
Carte 49 - Relief et grélimétrie dans le Roannais	213
Carte 50 - Le renforcement des chutes de grêle dans le sud de la Gironde : un effet de la forêt landaise ?	218
Carte 51 - Géographie du risque-agent grêle en France	229
Carte 52 - Répartition des surfaces cultivées en céréales et assimilées en 1996	277
Carte 53 - La répartition des surfaces viticoles en France	278
Carte 54 - La répartition des cultures fruitières en France en 1997	281
Carte 55 -	314
Carte 56 - Implantation de l'assurance-grêle en France au XIX ^{ème} et début du XX ^{ème}	325
Carte 57 - Le taux de couverture des cultures céréalières par l'assurance-grêle en France en 1996	349
Carte 58 - Le taux de couverture des vignes par l'assurance-grêle en 1996	351
Carte 59 - Le taux de couverture des cultures fragiles par l'assurance-grêle en France en 1996	354
Carte 60 - Les capitaux assurés contre la grêle en France en 1996 (toutes cultures confondues)	362
Carte 61 - Les capitaux assurés contre la grêle en France en 1996 (céréales et assimilées)	362
Carte 62 - Les capitaux assurés contre la grêle en France en 1996 (vigne)	362
Carte 63 - Les départements français face au risque-grêle sur récolte : carte typologique	365
Carte 64 - Les espaces du risque-objet assuré	369
Carte 65 - Répartition départementale des dommages indemnisés par les assureurs-grêle de 1994 à 1996	381
Carte 66 - La sinistralité-grêle sur culture en France (1983-1996) : céréales et assimilées	387
Carte 67 - La sinistralité-grêle sur culture en France (1983-1996) : vigne	387
Carte 68 - La sinistralité-grêle sur culture en France (1983-1996) : fruits et assimilés	387
Carte 69 - Les relations entre le taux de couverture assurantiel et la sinistralité : l'exemple du vignoble champenois	393
Carte 70 - Les dommages de la grêle en France à la fin du XIX ^{ème} siècle	395
Carte 71a - Part des récoltes totales détruites par la grêle en France en 1996	407
Carte 71b - Part des récoltes fruitières et légumières détruites par la grêle en 1996	407

Table des illustrations

Carte 72 - Comparaison des pertes causées par la grêle aux récoltes en 1971 et 1976	408
Carte 73 - Comparaison des pertes causées par la grêle sur les vignes en 1971 et 1976	409
Carte 74 - Taux de cotisation planchers en risque-grêle sur le blé et la vigne en 1993	420
Carte 75 - Les chutes de grêle en France en 1994 et 1995 (d'après la presse)	469
Carte 76 - Les interventions parlementaires relatives à la grêle entre 1991 et 1995	473
Carte 77 - La densification des vergers dans le départements de la Drôme entre 1952 et 1982	495
Carte 78 - Évolution des surfaces plantées en verger en France entre 1979 et 1992	499
Carte 79 - Les surfaces de verger pommier équipées de filets paragrêle en 1997	543
Carte 80 - L'évolution prévisible du verger entre 1996 et 2000	555
Carte 81 - Les espaces du risque-grêle en France	575

Table des figures

Fig. 1 - Démarche générale pour l'étude du risque-grêle	19
Fig. 2 - Démarche pour l'étude du risque-agent	27
Fig. 3 - Répartition mensuelle du nombre de jours avec chute de grêle en France	38
Fig. 4 - Evolution du nombre annuel de chutes de grêle en France entre 1961 et 1995	60
Fig. 5 - Typologie régionale des stations Météo-France	63
Fig. 6 - Répartition mensuelle des chutes de grêle à Embrun	67
Fig. 7 - Distribution fréquentielle des énergies ponctuelles	97
Fig. 8 - Distribution fréquentielle des diamètres maximaux	97
Fig. 9 - Répartition horaire des chutes de grêle et des énergies	100
Fig. 10 - Répartition horaire des énergies ponctuelles	100
Fig. 11 - Évolution saisonnière des heures de chutes de grêle	103
Fig. 12 - Répartition mensuelle des chutes de grêle en fonction de l'énergie	106
Fig. 13 - Évolution de la situation météorologique sur la France le 5 juillet 1993	145
Fig. 14 - Trajectographies à 500 hPa arrivant à Tarbes le 5 juillet 1993 à 12 hTU	152
Fig. 15 - Radiosondages à 12 heures TU le 5 juillet 1993 à Bordeaux, Nîmes et Lyon	157

Fig. 16 - Trajectographie à 900 hPa arrivant à Tarbes le 5 juillet 1993 à 12 hTU	159
Fig. 17 - Trajectographies à 500 et 900 hPa arrivant à Corrèze (19) le 31 juillet 1994 (14 hTU)	165
Fig. 18 - Trajectographies à 500 et 900 hPa arrivant à Cazères (31) le 18 juin 1994 (16 hTU)	180
Fig. 19 - Radiosondage à Bordeaux le 18 juin 1994, 12 hTU	181
Fig. 20 - Position du flux de SW en altitude et chutes de grêle en France	183
Fig. 21 - Les conditions de formation des orages grêligènes	187
Fig. 22 - Anatomie d'un cumulonimbus grêligène	195
Fig. 23 - Vent de la circulation générale et trajectoire des orages	197
Fig. 24 - Les températures maximales moyennes d'été (juin à août) dans le Sud-Ouest	208
Fig. 25 - Les prédispositions grêlifères des versants sous le vent : éléments d'explication	215
Fig. 26 - Objectifs et démarche pour l'étude des dommages de la grêle en France	241
Fig. 27 - Les effets des chutes de grêle en zone urbaine	252
Fig. 28 - Les dégâts de la grêle sur la vigne	270
Fig. 29 - La vulnérabilité structurelle des cultures	272
Fig. 30 - De la vulnérabilité à la tarification du risque	285
Fig. 31 - Évolution historique de l'assurance-grêle en France depuis le XIXème siècle	318
Fig. 32 - Répartition des indemnités versées en 1933-1934-1935 par la Caisse de solidarité des calamités agricoles	332
Fig. 33 - Comparaison des surfaces, capitaux assurés et encaissements en France en 1996	342
Fig. 34 - Les facteurs intervenant dans la décision de s'assurer	359
Fig. 35 - La vulnérabilité des départements français face au risque-grêle sur récolte : essai de typologie	364
Fig. 36 - Procédure d'évaluation des dommages globaux de la grêle en France	399
Fig. 37 - La forte relation entre la fréquence de la grêle et la sinistralité-grêle en France	416
Fig. 38 - Processus de concentration et de dispersion spatiale du risque-grêle : comparaison du Couloir rhodanien et du Bassin parisien	426
Fig. 39 - L'assurance-grêle : une couverture incomplète du risque-objet	427
Fig. 40 - Les attitudes face aux risques d'origine naturelle : l'exemple de la grêle	437

Table des illustrations

Fig. 41 - Le système de gestion du risque-grêle en France au début des années 1990	453
Fig. 42 - Les flux financiers au sein du système de gestion du risque-grêle	461
Fig. 43 - Mécanismes d'amplification et d'atténuation du risque en matière d'assurance	464
Fig. 44 - Évolution des indemnisations versées aux agriculteurs de 1951 à 1996	471
Fig. 45 - Bilans financiers annuels de l'assurance-grêle en France	471
Fig. 46 - Les temps de la crise	483
Fig. 47 - L'évolution du verger pommier français entre 1948 et 1996	487
Fig. 48 - Évolution de l'agriculture depuis 1960 et conséquences sur l'assurance-grêle	489
Fig. 49 - Évolution des capitaux agricoles assurés contre la grêle entre 1951 et 1996	492
Fig. 50 - L'effondrement des cours des fruits au début des années 1990	503
Fig. 51 - La sinistralité-grêle dans les années 1980 par type de culture	509
Fig. 52 - La sous-tarifcation du risque-grêle sur fruits avant la crise des années 1990	509
Fig. 53 - Les flux financiers du système "grêle" dans la crise des années 1992-1995	512
Fig. 54 - Le système de gestion du risque-grêle dans la crise	517
Fig. 55 - La désolidarisation du système "grêle" sous l'effet des pressions externes	519
Fig. 56 - Les sorties de la crise	525
Fig. 57 - Les types de filets paragrêle	536
Fig. 58 - Le système de gestion du risque-grêle après la crise des années 1992-1995	563

Liste des tableaux

Tableau 1 - Comparaison entre la grêle et de quelques autres fléaux atmosphériques	9
Tableau 2 - Principales sources de quantification et de spatialisation du risque-grêle en France	15
Tableau 3 - Les sources utilisées pour la définition du risque-agent	26
Tableau 4 - Répartition saisonnière des jours avec chute de grêle en France	37

Tableau 5 - Les stations à grêle d'été majoritaire	43
Tableau 6 - La croissance des chutes de grêle d'été entre la littoral méditerranéen et l'intérieur	48
Tableau 7 - Comparaison de la fréquence de la grêle d'été dans les stations de Chartres et Agen	50
Tableau 8 - Comparaison des fréquences de grêle à Nancy et Embrun	56
Tableau 9 - Coefficients de corrélation entre les principaux paramètres "grêle"	61
Tableau 10 - Les types grêlifères régionaux et leurs caractéristiques	65
Tableau 11 - Comparaison des stations du Cap-Ferret, Mont-de-Marsan et Agen	66
Tableau 12 - Les campagnes grêlimétriques en France et en Suisse depuis 1970	78
Tableau 13 - Le réseau grêlimétrique de l'ANELFA	80
Tableau 14 - Le réseau grêlimétrique de l'ACMG	80
Tableau 15 - Conditions de dépouillement et calcul des indicateurs des chutes de grêle	87
Tableau 16 - Caractéristiques moyennes des grêlons (d'après l'ANELFA)	89
Tableau 17 - Les relations entre les indicateurs à partir de quelques exemples de chutes	90
Tableau 18 - Comparaison de la fréquence de la grêle en fonction de la densité du réseau	93
Tableau 19 - La répartition du nombre de chutes en fonction de l'énergie	96
Tableau 20 - La répartition du nombre de chutes en fonction du diamètre maximal	96
Tableau 21 - Répartition mensuelle des énergies et du nombre de chute	105
Tableau 22 - Échelles d'analyse et indicateurs grêlimétriques : récapitulatif méthodologique	110
Tableau 23 - La fréquence de la grêle en Auvergne, Languedoc et Moyenne-Garonne	118
Tableau 24 - Comparaison des données Météo-france et des données grêlimétriques	120
Tableau 25 - Énergie moyenne reçue annuellement par département	125
Tableau 26 - Averses de grêle et phénomènes associés aux orages du 28 au 31 juillet 1994	162
Tableau 27 - Le risque-agent grêle en France : typologie régionale	227
Tableau 28 - Les effets de la grêle sur différentes cultures	262
Tableau 29 - Durée d'exposition aux chutes de grêle pour les principales cultures en France	275

Table des illustrations

Tableau 30 - les régimes d'indemnisation des dommages provoqués par des événements naturels	301
Tableau 31 - Échelle tarifaire des cultures	307
Tableau 32 - Les taux d'incitation à l'assurance-grêle en 1997	312
Tableau 33 - Les données de l'assurance disponibles	337
Tableau 34 - La répartition du marché de l'assurance-grêle en France en 1996	341
Tableau 35 - Répartition du marché de l'assurance-grêle par grande classe de culture	342
Tableau 36 - Cultures retenues pour la détermination du taux de couverture par l'assurance	347
Tableau 37 - La concentration géographique des surfaces viticoles assurées en France en 1996	352
Tableau 38 - Évolution des capitaux assurés dans le Var entre 1994 et 1996	357
Tableau 39 - Répartition des capitaux assurés par grande région fruitière en 1996	367
Tableau 40 - Répartition des dommages indemnisés par type de culture	379
Tableau 41 - La concentration des dommages indemnisés selon les types de culture (1994, 1995, 1996)	380
Tableau 42 - La concentration des dommages dans le sud de la France	382
Tableau 43 - Comparaison de la sinistralité dans le Maine-et-Loire et le Lot-et-garonne	389
Tableau 44 - Comparaison de la sinistralité par culture entre le Rhône et la Drôme	390
Tableau 45 - Comparaison des taux de sinistralité médian et moyen dans quelques départements	392
Tableau 46 - Équivalence entre classement des cultures par valeur de livraison (SCEES) et classement des assureurs	403
Tableau 47 - les pertes annuelles dues à la grêle dans l'agriculture française	405
Tableau 48 - Les taux de pertes nationaux par type de culture en 1971, 1976 et 1996	405
Tableau 49 - Relation entre chutes de grêle et dommages par département	414
Tableau 50 - Indicateurs assuranciers et fréquence des chutes de grêle	416
Tableau 51 - Bilan financier de l'assurance-grêle par grande classe de culture	454
Tableau 52 - Les pertes dues à la grêle en France entre 1992 et 1995	470
Tableau 53 - La pénétration de l'assurance-grêle dans le monde agricole	490
Tableau 54 - Évolution des surfaces plantées en verger entre 1979 et 1992 dans quelques départements	498

Table des photographies

Photographie 1 - Grêlimètre en place dans les Hautes-Pyrénées	76
Photographie 2 - Plaque grêlimétrique (encreée) relevée le 5 juillet 1993 à Souyeaux (65)	76
Photographie 3 - Grêlon de neuf centimètres de diamètre	193
Photographie 4 - Lame mince de grêlon vue au microscope polarisant	193
Photographie 5 - Habitation endommagée par une chute de grêle	247
Photographie 6 - Dégâts de la grêle sur véhicule(1)	249
Photographie 7 - Dégâts de la grêle sur véhicule (2)	249
Photographie 8 - Dégâts de la grêle sur céréales	258
Photographie 9 - Dégâts de la grêle sur légumes	258
Photographie 10 - Dégâts de la grêle sur verger	259
Photographie 11 - Les effets de la grêle à moyen terme sur les vergers	259
Photographie 12 - Impacts de grêlons sur fruit (1)	260
Photographie 13 - Impacts de grêlons sur fruit (2)	260
Photographie 14 - Dégâts de la grêle sur vigne : le rôle des pratiques culturales	261
Photographie 15 - Dégâts de la grêle sur vigne : les effets à long terme	261
Photographie 16 - Récupération de la végétation après une chute de grêle (1)	266
Photographie 17 - Récupération de la végétation après une chute de grêle (2)	266
Photographie 18 - Récupération de la végétation après une chute de grêle (3)	267
Photographie 19 - Récupération de la végétation après une chute de grêle (4)	267
Photographie 20 - Jeune verger sous des filets paragrêle structurés en chapelle	535
Photographie 21 - Filets paragrêle structurés à plat	535
Photographie 22 - Filet monorang avec fil de faitage et écarteur	538
Photographie 23 - Filet monorang simplement posé	538
Photographie 24 - Mesures climatologiques sous un filet paragrêle structuré à plat	539
Photographie 25 - Filets paragrêle en chapelle en Haute-Vienne	539

Sauf indication contraire, les photographies sont de l'auteur.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	3
Introduction générale	5
1- Les risques naturels	5
1.1- Une préoccupation sociale et scientifique grandissante	5
1.2- Les climatologues français et les risques climatiques	6
2- Quelle climatologie pour la grêle	8
2.1- Définition de la grêle	8
2.1.1- La grêle dommageable	8
2.1.2- Un phénomène rare et difficile à saisir	9
2.1.3- La connaissance de la grêle est fortement conditionnée par la demande sociale	10
2.2- Les enjeux du risque grêle	10
3- Une géographie du risque-grêle et ses implications	11
3.1- La notion de risque	11
3.2- Ses implications en géographie	12
3.3- Les sources	13
3.4- L'espace d'étude : la France	16
4- Problématique	17
5- Démarche et plan	18

<p>PREMIÈRE PARTIE : LA DÉFINITION DU RISQUE-AGENT</p>	23
---	----

Introduction	25
---------------------	-----------

Chapitre 1	29
La fréquence de la grêle en France	

Introduction	31
1- Présentation des sources	31

Table des matières

1.1- La nature des données	31
1.2- Le choix des stations	32
1.3- L'indépendance statistique des stations	35
1.4- Les données de la presse	36
2- Répartition temporelle et spatiale des chutes de grêle en France.	37
2.1- Un phénomène avant tout hivernal et printanier	37
2.2- L'inégale répartition spatiale du nombre de chutes de grêle	39
3- La grêle d'été	41
3.1- Sa part dans l'ensemble des chutes annuelles	41
3.1.1- La grêle d'été majoritaire dans les stations du sud-est de la France	41
3.1.2- Les causes de cette répartition	45
3.2- Répartition spatiale des chutes de grêle estivales	46
3.2.1- Régionalisation de la grêle d'été	46
3.2.1.1- Les régions à grêle d'été peu fréquente : grand Nord-Ouest et Méditerranée	46
3.2.1.2- Chutes de grêle estivales fréquentes	48
3.2.2- Au coeur de l'été : juin, juillet, août.	50
4- Variation et variabilité interannuelle des chutes de grêle	53
4.1- La variabilité interannuelle des chutes de grêle d'été	53
4.1.1- L'inadaptation des méthodes classiques	53
4.1.2- La mise en évidence de la variabilité interannuelle des chutes de grêle	54
4.2- Evolution de la fréquence des chutes de grêle en France entre 1961 et 1995	59
5- La fréquence de la grêle d'été en France : essai de régionalisation	59
5.1- Le choix des critères	62
5.2- Typologie régionale des stations.	62
Conclusion	68

Chapitre 2

La fréquence et l'intensité de la grêle d'été : l'apport de la grêlimétrie

71

Introduction	73
1- La grêlimétrie	75
1.1- Grêlimètres et réseaux grêlimétriques	75

1.1.1- Les types de grêlimètres	75
1.1.2- Le grêlimètre passif	75
1.1.3- Les types de réseaux grêlimétriques	75
1.2- Les réseaux grêlimétriques en France	77
1.2.1- Les campagnes grêlimétriques des années 70 et 80 en France.	77
1.2.2- Réseaux grêlimétriques et lutte anti-grêle	79
1.2.3- L'implantation spatiale des réseaux	81
1.2.3.1- Une implantation liée à l'enjeu économique.	81
1.2.3.2- L'inégale densité des réseaux	84
1.3- Maintenance des réseaux grêlimétriques et dépouillements des plaques.	84
1.3.1- Les étapes du dépouillement	84
1.3.2- La difficile recherche de l'objectivité	85
1.3.3- Les indicateurs les plus utilisés	88
1.4- La comparaison des données ANELFA et ACMG	91
1.4.1- La densité de grêlimètres et la mesure de la fréquence moyenne ponctuelle de la grêle	91
1.4.2- Homogénéisation des échantillons	94
2- La fréquence et l'intensité de la grêle d'été : distribution spectrale et répartition temporelle	95
2.1- Les chutes de grêle faibles sont majoritaires	95
2.2- La répartition temporelle	98
2.2.1- Une répartition horaire fortement guidée par la thermoconvection journalière	98
2.2.1.1- Fiabilité des heures, faillibilité des durées	98
2.2.1.2- Le pic de l'après-midi	99
2.2.1.3- Les chutes vespérales et nocturnes	99
2.2.1.4- La répartition géographique des fréquences horaires	101
2.2.1.5- Évolution saisonnière des fréquences horaires	101
2.2.2- La répartition saisonnière des énergies et des fréquences	104
2.2.3- La répartition géographique des distributions saisonnières	105
2.2.4- La distribution saisonnière des autres paramètres	108
3- La répartition spatiale de la grêle d'été	109
3.1- Indicateurs et échelles d'analyse spatiale des chutes de grêle	109
3.1.1- Les indicateurs retenus	109
3.1.2- Les échelles d'analyse spatiale	109
3.2- La géographie de la fréquence de la grêle	113

3.2.1- Les fortes fréquences	113
3.2.2- Les régions moyennement grêlifères	116
3.2.3- Les faibles fréquences de la grêle	116
3.2.4- La comparaison entre grêlimétrie et autres sources	116
3.3- L'intensité des chutes de grêle	121
3.3.1- La répartition spatiale de l'intensité des chutes de grêle	121
3.3.2- Une bonne approche du risque-agent : la quantité moyenne annuelle de grêle	123
3.3.3- La fréquence des fortes chutes	127
Conclusion	129

Chapitre 3

La production de grêle : agents et mécanismes grêligènes

133

Introduction	135
1- Les conditions synoptiques favorables aux chutes de grêle	137
Introduction : objectif et méthode d'approche	137
1.1- La journée exceptionnellement grêlifère du 5 juillet 1993	138
1.1.1- Intensité et répartition spatiale des dégâts	139
1.1.1.1- L'ampleur des dégâts	139
1.1.1.2- Localisation des àverses de grêle	140
1.1.2- Localisation et évolution des masses nuageuses	143
1.1.3- Les explications synoptiques	151
1.1.3.1- La situation en altitude	151
1.1.3.2- La situation en surface	151
1.1.3.3- Origine et circulation des masses d'air	156
Conclusion sur la journée du 5 juillet 1993	161
1.2- La séquence grêligène de la fin juillet 1994	162
1.2.1- La répartition journalière de la grêle en France du 28 au 31 juillet 1994	162
1.2.2- L'évolution de la situation en altitude (500 hPa)	164
1.2.3- Comparaison des situations en surface	164
1.3- La situation "atypique" du 18 juin 1994	175
1.3.1- De fortes chutes de grêle dans le Sud-Ouest	175
1.3.2- La circulation en altitude	175

1.3.3- La circulation en surface et les masses d'air	177
1.3.4 - Une journée "atypique"	182
1.4- Variations sur le flux de sud-ouest	182
Conclusion	185
2- Les nuages porteurs de grêle	189
2.1- Le cumulonimbus	189
2.2- Les processus microphysiques à l'origine de la grêle	190
2.2.1- Les noyaux glaçogènes	190
2.2.2- Cristaux de glace et embryons de grêle	191
2.2.3- De l'embryon au grêlon	192
2.3- La circulation à l'intérieur des cumulonimbus	194
2.3.1- Orages multicellulaires et supercellulaires	194
2.3.2- La circulation de l'air et la formation de grêle dans une supercellule	194
2.4- Le déplacement des nuages grêligènes	196
2.4.1- Le rôle du vent en altitude	196
2.4.2- Les trajectoires des orages à grêle dans le sud-ouest de la France	198
2.4.3- La trace de la grêle au sol	200
2.4.3.1- La longueur des trajets	200
2.4.3.2- Les coeurs de grêle	201
2.4.3.3- Averses de grêle et forte intensité pluviométrique	201
Conclusion	202
3- La sensibilité de l'aléa-grêle aux particularités géographiques locales	204
3.1- Définition du problème	204
3.1.1- Climat et particularités géographiques	204
3.1.2- Orages et particularités géographiques : d'un déterminisme à l'autre	204
3.1.3- Des arguments contradictoires	205
3.1.4- Perspectives d'étude	206
3.2- L'influence des particularités topographiques locales sur la grêle	207
3.2.1- Grêle et rugosité	207
3.2.2- Les effets de l'altitude : des sommets pyrénéens peu grêlifères	208
3.2.3- Le rôle des versants et des vallées	210
3.2.3.1- Les vallées guident-elles les averses de grêle ?	210
3.2.3.2- Les versants au vent	212
3.2.3.3- Les versants sous le vent : le cas du Roannais	212

Table des matières

3.2.3.4- Extrapolations à partir de l'exemple du Roannais	216
3.3- Grêle et autres particularités géographiques	217
3.3.1- Grêle et forêt	217
3.3.2- Grêle et climat urbain	219
Conclusion	220
Conclusion	221

Conclusion de la première partie 225
Une géographie du risque-agent

DEUXIÈME PARTIE : LES DOMMAGES DE LA GRÊLE EN FRANCE

235

237

Introduction

1- Les objectifs 237

2- Les sources 238

3- Le plan adopté 240

Chapitre 4
La vulnérabilité des biens 243

Introduction 245

1- Les dégâts de la grêle sur les biens non agricoles 245

1.1- Les dégâts sur bâtiments 245

 1.1.1- L'inégale résistance des matériaux 245

 1.1.2- La prise en charge des dégâts sur bâtiments : une extension de
 garantie obligatoire 246

1.2- Les dégâts sur véhicules 248

 1.2.1- Les dégâts sur automobiles 248

 1.2.2- Autres dégâts concernant des véhicules 250

1.3- Les dégâts indirects de la grêle en zone urbaine 251

1.4- Le coût de la grêle sur véhicule et bâtiment 253

 1.4.1- Les régimes de garantie du risque-grêle sur bâtiments et véhicule 253

 1.4.2- La difficile quantification de la grêle sur véhicules ou bâtiments 254

1.4.3- L'évaluation et la prévision des gros sinistres	255
1.4.3.1- Les sinistres du 5 juillet 1993 en France et de Munich en 1984	255
1.4.3.2- La prévision du Sinistre Maximum Probable	256
2- Les dégâts sur végétaux	257
2.1- Typologie des dégâts	257
2.1.1- Les pertes directes : pertes de qualité et pertes de quantité	257
2.1.2- Les pertes indirectes	257
2.2- L'évaluation et la quantification des dégâts	263
2.2.1- La pré-expertise	263
2.2.2- L'expertise	263
2.2.3- La grêle, rien que la grêle	264
2.2.4- Le taux de perte	264
3- Vulnérabilité conjoncturelle et structurelle des cultures	264
3.1- La vulnérabilité conjoncturelle des cultures	265
3.1.1- La date du sinistre.	265
3.1.2- L'état de la plante et le contexte climatique de l'année	268
3.1.3- Les pratiques culturales	269
3.1.4- La violence de la chute de grêle et les dégâts	269
3.2- La vulnérabilité structurelle des cultures	271
3.2.1- La sensibilité physiologique de la plante	271
3.2.2- la destination du produit	271
4- L'exposition au risque-agent	273
4.1- La durée d'exposition aux chutes de grêle	273
4.1.1- Le calendrier des récoltes	273
4.1.2- Le début de la période à risque	274
4.1.3- Lieu de culture et durée d'exposition	274
4.2- La répartition géographique des cultures à risque en France	276
4.2.1- Les céréales et les cultures assimilées	276
4.2.2- Les vignobles	276
4.2.3- Les cultures fruitières	279
4.2.3.1- Pommes et poires	279
4.2.3.2- La prune	280
4.2.3.3- Les fruits méditerranéens	280
4.2.3.4- Autres fruits	282
4.2.4- La répartition des cultures fruitières amplifie le risque-grêle	282

Conclusion	283
-------------------	-----

Chapitre 5

Prise en charge et mesure du risque par l'assurance-grêle

287

Introduction	289
---------------------	-----

1- L'assurance : une originalité en matière de garantie contre les risques climatiques	290
---	-----

1.1- La couverture des risques liés au climat en France	292
---	-----

1.1.1- Les calamités agricoles	292
--------------------------------	-----

1.1.1.1- Principe général	292
---------------------------	-----

1.1.1.2- Le Fonds national de garantie des calamités agricoles (FNGCA)	292
--	-----

1.1.1.3- Risques couverts et indemnisation	293
--	-----

1.1.1.4- Bilan du régime "calamités agricoles" : le poids du risque sécheresse	294
--	-----

1.1.2- Les catastrophes naturelles	295
------------------------------------	-----

1.1.2.1- Une norme qui s'est imposée	295
--------------------------------------	-----

1.1.2.2- Principe général	295
---------------------------	-----

1.1.2.3- Biens et événements couverts	296
---------------------------------------	-----

1.1.2.4- Bilans et évolution des sinistres "catastrophes naturelles"	297
--	-----

1.1.3- Le cas du risque-tempête	297
---------------------------------	-----

1.1.3.1- De la catastrophe naturelle au risque assurable	297
--	-----

1.1.3.2- L'assurance-tempête sur récolte	298
--	-----

1.1.4- La grêle et les régimes de garantie contre les risques climatiques	299
---	-----

1.1.4.1- Pas d'indemnisation dans le cadre de la loi de 1982 sur les catastrophes naturelles	299
--	-----

1.1.4.2- Des aides exceptionnelles de la part des pouvoirs publics	299
--	-----

Conclusion sur la grêle et les régimes d'indemnisation	300
---	-----

1.2- L'assurance-grêle en France	302
----------------------------------	-----

1.2.1- L'assurabilité du risque "grêle sur récolte"	303
---	-----

1.2.2- Perception et connaissance du risque	303
---	-----

1.2.3- Le contrat d'assurance "grêle sur récolte"	305
---	-----

1.2.3.1- les risques couverts	305
-------------------------------	-----

1.2.3.2- Les garanties	306
------------------------	-----

1.2.3.3- La tarification	306
1.2.3.4- Le sinistre	308
1.2.3.5- Les contrats particuliers	308
1.2.4- L'incitation à l'assurance-grêle sur récolte	310
1.2.4.1- Les cadres de l'intervention des pouvoirs publics	310
1.2.4.2- Les vicissitudes de l'incitation à l'assurance-grêle sur récolte	311
1.2.4.3- Les modalités de l'incitation à l'assurance-grêle	312
1.2.4.4- Géographie des incitations à l'assurance-grêle en France	313
Conclusion	316
2- La mise en place et l'évolution de l'assurance-grêle sur récolte depuis le XIX^{ème} siècle	317
2.1- Les conditions nécessaires à l'apparition de l'assurance	317
2.1.1- La perception de la grêle est un obstacle au développement de l'assurance	317
2.1.2- L'évolution de la société	319
2.1.3- L'assurance est inhérente à l'économie capitaliste	320
2.1.4- Les prémisses de l'assurance-grêle	320
2.1.4.1- Le recours auprès des autorités politiques	321
2.1.4.2- Les caisses de secours	321
2.2- Les débuts de l'assurance-grêle au XIX ^{ème} siècle (1800-1840)	322
2.2.1- L'expérience de P.B. BARRAU	322
2.2.2- Le développement des assurances sous la Restauration	322
2.3- La consolidation de l'assurance-grêle en France (1840-1900)	323
2.3.1- Les aspects géographiques de la gestion du risque-grêle	323
2.3.1.1- Les cultures assurées	323
2.3.1.2- La géographie des cultures assurées	324
2.3.2- Les réformes de structure	326
2.3.2.1- Les obstacles à la gestion du risque-grêle	326
2.3.2.2- L'amélioration de la gestion du risque : les éléments spécifiques de la gestion du risque-grêle	326
2.3.3- Le rôle grandissant de l'État	327
2.4- Le développement de la concurrence au XX ^{ème} siècle : la constitution d'un marché de l'assurance-grêle	328
2.4.1- La création des Caisses d'assurances agricoles	328
2.4.1.1- Statut et organisation	329

2.4.1.2- Implantation géographique des Assurances Mutuelles Agricoles	329
2.4.2- 1920-1940 : les difficultés de l'après-guerre	330
2.4.3- L'aide de l'État	330
2.5- L'assurance-grêle après la Seconde Guerre mondiale	332
2.5.1- L'évolution du marché de l'assurance	332
2.5.2- Les structures de l'assurance	333
2.5.3- L'incitation à l'assurance	334
conclusion	334
3- L'assurance-grêle en France en 1996 : la mesure des enjeux	335
3.1- Un morcellement du marché longtemps défavorable à une étude géographique du risque	335
3.1.1- Les données des fichiers Groupama	337
3.1.1.1- La collecte des données	337
3.1.1.2- Intérêts et limites des données Groupama	338
3.1.2- Les données des fichiers APSAD	339
3.1.2.1- Contenu des fichiers	339
3.1.2.2- Intérêt et limites des données APSAD	339
3.1.3- Conclusions en vue de l'utilisation des sources d'information sur l'assurance.	339
3.2- La répartition du marché de l'assurance	340
3.2.1- Entre les compagnies	340
3.2.2- Entre les cultures	341
3.2.3- La concentration économique du risque sur les cultures fragiles	343
3.2.3.1- Les fortes variations de capitaux assurés à l'hectare	344
3.2.3.2- La sensibilité des cultures se paie cher	344
3.3- Risque-objet potentiel et risque assuré : la couverture des cultures par l'assurance-grêle	345
3.3.1- Objectif et intérêt	345
3.3.2- Méthode de détermination	345
3.3.2.1- Les surfaces assurées	345
3.3.2.2- Les surfaces assurables	346
3.3.3- Les inégalités géographiques dans la prise en charge du risque- grêle	348
3.3.3.1- Le bon taux de couverture des céréales	348
3.3.3.2- La concentration des vignes dans le sud de la France	350

3.3.3.3- Les fruits et assimilés : forts déséquilibres régionaux	353
3.4- Géographie du risque assuré : la concentration géographique du risque	355
3.4.1- Les facteurs de l'assurance	355
3.4.1.1- Le risque-agent	355
3.4.1.2- Structures agraires et organisation professionnelle	357
3.4.1.3- Tradition et comportements culturels	358
3.4.1.4- Les choix des types de prévention	360
3.4.2- Le risque-objet assuré : la répartition des capitaux assurés	361
3.4.3- La concentration géographique des risques	363
Conclusion	368

Chapitre 6

La réalisation du risque : les dommages de la grêle en France

373

Introduction	375
1- Les dommages indemnisés	375
1.1- Données disponibles et précautions méthodologiques	375
1.1.1- Le calcul des indemnités	376
1.1.2- Données disponibles et choix des indicateurs	376
1.1.2.1- Dommages bruts et dommages relatifs	377
1.1.2.2- La prise en compte de la variabilité interannuelle des données	377
1.2- Les dommages bruts	378
1.2.1- Préparation et critique des données	378
1.2.2- La répartition par cultures : la concentration des dommages sur les fruits	379
1.2.3- La concentration géographique des dommages	380
1.3- Les dommages relatifs	382
1.3.1- Définition et calcul de la sinistralité	382
1.3.1.1- Un indicateur fiable : le taux de prime pure	383
1.3.1.2- Les limites du taux de prime pure	383
1.3.1.3- Choix des données	384
1.3.2- La sinistralité-grêle en France	385
1.3.2.1- La sinistralité globale	385
1.3.2.2- La sinistralité sur les céréales et les cultures assimilées	386

Table des matières

1.3.2.3- La sinistralité sur vigne	388
1.3.2.4- La sinistralité sur les cultures fragiles (fruits et légumes)	388
1.3.2.5- La variabilité interannuelle de la sinistralité	391
1.3.3- La sinistralité sensibilise-t-elle les agriculteurs à l'assurance ?	392
1.3.4- Une certaine permanence dans la géographie des dommages	394
Conclusion à l'étude des dommages indemnisés	394
2- Les dommages globaux : l'impact de la grêle sur l'agriculture française	397
2.1- La méthode d'estimation des pertes globales dues à la grêle en France	397
2.1.1- L'estimation du montant des franchises	398
2.1.1.1- Rappels sur le principe de la franchise	398
2.1.1.2- L'estimation de la part des pertes dépendant de la franchise	400
2.1.1.3- Le coefficient additionnel de franchise	400
2.1.2- L'estimation des dégâts sur cultures non assurées	401
2.1.3- La comparaison des dégâts et de la production agricole globale	402
2.2- Les pertes dues à la grêle en France : une ponction non négligeable sur les revenus agricoles	403
2.2.1- La reconstitution des pertes à partir des chiffres de l'AIAG	403
2.2.2- Des pertes de plusieurs milliards de francs	404
2.3- L'impact des chutes de grêle sur l'agriculture française : analyse géographique	404
2.3.1- Les pertes dues à la grêle en France : 1996, une année peu sinistrée	404
2.3.2- En 1971, les pertes concernèrent toute la France	406
conclusion	410
3- Les relations entre les dommages et le risque-agent	411
3.1- Choix des indicateurs et échelle de travail	412
3.1.1- Les indicateurs économiques et grêlimétriques	412
3.1.2- Le choix des départements d'étude	412
3.2- Les rapports entre risque-agent et dommages à l'échelle départementale	413
3.3- La relation sinistralité /risque-agent à l'échelle de la France	415
3.3.1- La forte corrélation des fréquences de chute de grêle et de la sinistralité	415
3.3.2- La grêlimétrie : un outil d'évaluation rapide des dommages	417
Conclusion	418
Conclusion	419

Conclusion de la deuxième partie	423
1- La grêle : des pertes annuelles non négligeables pour l'agriculture française	423
2- La géographie des dommages valide celle des chutes de grêle	423
3- La concentration économique et spatiale du risque	425
4- Concentration des enjeux et gestion du risque-grêle	427

<p>TROISIÈME PARTIE :</p> <p>LA GESTION DU RISQUE-GRÊLE EN FRANCE</p>	429
---	-----

Introduction	431
---------------------	-----

<p>Chapitre 7</p> <p>La gestion du risque-grêle et la crise de 1992-1995</p>	433
--	-----

Introduction	435
1- La gestion du risque-grêle	435
1.1- Règles générales de gestion des risques et spécificité du risque-grêle	435
1.2- La gestion du risque dans l'exploitation agricole : quelle attitude face au risque de grêle ?	436
1.2.1- L'autogestion du risque	438
1.2.1.1- La conscience du risque	438
1.2.1.2- L'attitude passive	438
1.2.1.3- Compensation des risques et auto-assurance	439
1.2.2- La protection par filets paragrêle	440
1.2.3- La lutte active contre la grêle	440
1.2.3.1- Superstitions et intervention divine	441
1.2.3.2- Les techniques de lutte active actuelles	441
1.2.4- La compensation des dommages	444
1.2.4.1- L'assurance	444
1.2.4.2- Autres compensations financières	445
1.2.4.3- La compensation des produits	445

Table des matières

1.3- La gestion du risque à l'échelle nationale	445
1.3.1- De l'événement au seuil critique	445
1.3.2- La répartition des risques	446
1.3.3- Peut-on parler d'une gestion du risque au niveau national ?	446
2- Le système de gestion du risque-grêle	447
2.1- L'approche systémique : intérêt, méthodes et limites	447
2.1.1- Définition	447
2.1.2- Des concepts adaptés à l'étude de la complexité	448
2.1.2.1- La globalité	448
2.1.2.2- La complexité.	449
2.1.2.3- L'interaction	449
2.1.2.4- L'organisation et la fonction téléologique	449
2.1.3- Les systèmes ouverts	450
2.2- L'analyse élémentaire du système "grêle"	451
2.2.1- La sphère assurancielle	451
2.2.1.1- Un ensemble hétérogène	451
2.2.1.2- Le poids croissant de la réassurance	451
2.2.1.3- Une vulnérabilité concentrée sur l'arboriculture	454
2.2.2- La sphère agricole : les arboriculteurs au coeur du système	455
2.2.3- Les pouvoirs publics	455
2.2.4- La sphère climatique	457
2.2.5- La sphère "prévention"	457
2.3- L'analyse structurelle et organisationnelle du système "grêle"	458
2.3.1- Les caractéristiques structurelles du système de gestion du risque-grêle	458
2.3.1.1- Un système ouvert	458
2.3.1.2- Un système à structure faible	459
2.3.1.3- La régulation du système "grêle"	460
2.3.2- Les mécanismes de régulation du système	460
2.3.2.1- Les flux financiers, principaux régulateurs	460
2.3.2.2- Les autres mécanismes régulateurs et structurants	463
2.3.3- Les facteurs et mécanismes déstabilisants et déstructurants	463
Conclusion	465
3- Le système de gestion du risque-grêle dans la crise des années 1992-1995	466

3.1- Les manifestations et la mesure de la crise	467
3.1.1- La recrudescence des chutes de grêle	467
3.1.2- Des pertes économiques sans précédent	468
3.1.3- Les manifestations sociales et économiques	472
3.2- La signification des crises	475
Conclusion	476

Chapitre 8

Les causes de la crise des années 1992-1995

Introduction	481
1- Les causes profondes	484
1.1- L'évolution de l'agriculture française depuis 1950	484
1.1.1- De nouvelles productions végétales	484
1.1.2- Les changements des modes de production et des structures d'exploitation	485
1.1.3- La spécialisation régionale	486
1.1.4- L'intégration économique et professionnelle de l'agriculture	486
1.1.5- De nouveaux agriculteurs	488
1.2- Les conséquences de l'évolution de l'agriculture sur l'assurance-grêle	488
1.2.1- L'augmentation de la couverture des cultures par l'assurance	490
1.2.2- L'adaptation de l'assurance aux nouveaux produits et aux nouveaux modes de production	491
1.2.3- La concentration des capitaux assurés	494
1.2.3.1- À l'échelle de l'exploitation	494
1.2.3.2- À l'échelle du bassin de production	494
1.2.3.3- À l'échelle de la France : la migration des cultures fragiles vers le sud de la France	497
1.3- Les conséquences sur les résultats de l'assurance	500
1.3.1- L'évolution de la sinistralité	500
1.3.2- La réaction des assureurs : une efficacité limitée	501
2- Blocages et ruptures des années 1990 : les causes immédiates de la crise du système "grêle"	502
2.1- Pressions externes et difficultés des acteurs du système "grêle"	502
2.1.1- Les difficultés des arboriculteurs	502
2.1.2- Les difficultés des assureurs	504

Table des matières

2.1.3- L'influence de la politique agricole européenne	505
2.2- Blocages, ruptures internes et rétroactions cindynogènes	506
2.2.1- L'arrêt des incitations à l'assurance-grêle	506
2.2.2- La concurrence entre les assureurs	508
3- L'entropie grandissante	510
3.1- La baisse de la circulation de l'information	510
3.1.1- Une opacité traditionnelle renforcée en période de crise	510
3.1.2- Une forte demande d'information	511
3.2- Les dérèglements financiers lors de la crise des années 1992-1995	512
3.2.1- L'augmentation des pertes	513
3.2.2- La baisse des intrants financiers	513
3.2.3- Les dérèglements internes	514
3.2.3.1- La faillite des circuits de redistribution	514
3.2.3.2- Les transferts	514
Conclusion	515

Chapitre 9

Les sorties de la crise : vers de nouveaux modes de gestion du risque

521

Introduction	523
1- Gestion du risque et di-gestion de la crise	524
1.1- La baisse des pressions extérieures	526
1.1.1- Une diminution des chutes de grêle	526
1.1.2- Une relative amélioration de la solvabilité des agriculteurs	526
1.2- Les rééquilibrages internes	527
1.2.1- L'assainissement de l'assurance	527
1.2.1.1- La réaction des assureurs	527
1.2.1.2- Le rétablissement de l'incitation à l'assurance-grêle	528
1.2.1.3- L'assurance-grêle sur fruit est-elle viable sans incitation ?	529
1.2.2- L'attitude de l'État	529
1.2.3- Une meilleure circulation de l'information	529
1.3- Les tendances centrifuges : des alternatives à l'assurance	530
1.3.1- Les sorties du système : réactions spontanées et réponses tactiques	530
1.3.2- La relance de la lutte active	531

2- Un nouveau mode de gestion du risque : les filets paragrêle	532
2.1- L'intérêt du filet paragrêle	533
2.2- Les types de filets et leur coût	534
2.2.1- Les installations structurées	534
2.2.1.1- Les filets en chapelle	534
2.2.1.2- Les filets à plat	537
2.2.2- Les installations peu ou non structurées : le filet monorang	537
2.2.3- Contraintes et incertitudes	540
2.3 - La répartition régionale des filets paragrêle et son évolution entre 1992 et 1997	541
2.3.1 - Les sources	541
2.3.2- Les filets paragrêle en 1992	541
2.3.3 - Les filets paragrêle en 1997	542
2.3.4 - Les explications de la répartition des filets paragrêle	545
2.3.4.1- Les financements	545
2.3.4.2- La gestion spatiale des filets à l'échelle locale	546
2.4- Les filets paragrêle : mode ou mouvement de fond ?	546
Conclusion sur les filets paragrêle	547
3- Le système de gestion du risque-grêle : adaptation et évolution permanente	548
3.1- Forces et atouts du système de gestion du risque-grêle	549
3.1.1- L'assurance reste un pôle majeur et innovant	549
3.1.1.1- Une meilleure connaissance du risque	549
3.1.1.2- L'adaptation de l'assurance à deux types d'agriculture	550
3.1.1.3- Frilosité européenne	550
3.1.1.4- Les assurances multirisques agricoles	551
3.1.2- L'adaptabilité du système	553
3.2- Faiblesse et insuffisance du système de gestion du risque-grêle	553
3.2.1- Le besoin d'une gestion globale du système	553
3.2.2- La poursuite de la concentration spatiale des vergers	554
3.2.3- Une vision géographique du problème	556
3.2.4- Le problème de l'efficacité des aides : quelle gestion pour les risques agricoles ?	556
3.2.4.1- Le rôle de l'État	556
3.2.4.2- Le cas du risque-grêle : de l'utilisation des aides publiques	557
3.3- La gestion des risques climatiques en agriculture	558

Table des matières

3.3.1- D'un déterminisme à l'autre	558
3.3.2- Du risque à la contrainte	559
3.3.3- La recherche de sécurité et le contrôle des externalités	560
Conclusion	561
Conclusion de la troisième partie : la crise, un élément nécessaire à l'adaptation de la gestion des risques naturels ?	565
1- Le système de gestion du risque-grêle malmené par la crise	565
2- Un système sous influence	566
3- Force et faiblesse du système : adaptabilité ex post mais faiblesse a priori	567
4- Un système renouvelé mais fragile	568
5- Une forte composante spatiale dans la gestion du risque-grêle	568
Conclusion générale	571
1- La climatologie géographique des chutes de grêle	571
2- La géographie du risque-grêle	573
3- La gestion du risque	576
3.1- L'efficacité du système de gestion du risque-grêle	576
3.2- Le rôle bénéfique des crises à moyen et long terme	577
3.3- La nécessité d'une articulation des échelles	578
4- La nécessité d'une gestion durable des risques naturels	579
4.1- Du risque à la contrainte	579
4.2- Le nécessaire contrôle de la vulnérabilité	580
4.3- les implication du développement durable	581
Bibliographie	583
Table des sigles	603
Annexes	605
Glossaire	621
Table des illustrations	623
Table des matières	633



LE RISQUE-GRÊLE EN FRANCE : ÉTUDE GÉOGRAPHIQUE

Résumé

La grêle est un risque d'origine naturelle qui cause un à deux milliards de francs de dommages en France chaque année, principalement sur les cultures. Cette étude établit la géographie du risque-agent, c'est-à-dire des chutes de grêle d'été (mai à septembre), potentiellement dommageables pour l'agriculture. La région la plus grêlifère en France est le Sud-Ouest suivi de la région Rhône-Alpes et des Alpes du sud. Les dégâts sont quantifiés par les données de l'assurance-grêle sur récoltes. Ils peuvent représenter jusqu'à 6 % de la production agricole nationale annuelle. Les cultures fruitières et légumières sont les plus vulnérables et concentrent de fortes valeurs de production à l'hectare ; elles représentent un enjeu majeur face aux chutes de grêle. Géographiquement, les dommages se concentrent sur les régions de vergers (Vallée de la Garonne, Vallée du Rhône). Depuis une trentaine d'années, le développement et la concentration géographique des cultures fruitières au profit des régions grêlifères du sud de la France pose le problème de la gestion du risque. Le système de gestion du risque-grêle en France, principalement fondé sur l'assurance, a connu une crise grave après les fortes chutes de grêle des années 1992-1994. Devant les destructions de récolte et les difficultés financières, les agriculteurs se sont tournés vers des modes de protection (filets paragrêle) ou de prévention (lutte active) autres que l'assurance. Cette crise montre la nécessité d'une meilleure prise en compte des risques naturels dans le développement durable de l'agriculture. Les projets d'aménagement ou de développement agricole doivent intégrer les risques naturels dans les coûts et les objectifs de production sous peine de mettre en difficulté la filière lorsque qu'un phénomène naturel imprévu et dévastateur vient endommager les productions.

Mots-clés : Grêle, risque naturel, climatologie, assurance, gestion des risques, développement de l'agriculture.

HAIL RISK IN FRANCE : A GEOGRAPHICAL STUDY

Abstract

Hail brings between about one to two billion francs of damage in France every year, especially to crops. This study establishes the geography of risk-agent, that is to say, the summer hail (May to September) presenting the greatest potential for damage to crops. The regions that receive most hailfalls is the southwestern part of France, followed by the Rhône-Alpes region and the Southern Alps. The damage is quantified by crop-hail insurance data. It can represent up to 6 % of national agricultural production. Fruits and vegetables are the most vulnerable crops and have an especially high production value per hectare. They represents a major target for hailfalls. Hail losses are concentrated in regions of orchards (The Garonne and Rhône valleys). For the past thirty years, the development and geographical concentration of fruit cultivation in the haily regions of southern France has posed the problem of risk management. The system of hail-risk management, based principally on crop-insurance, has undergone a major crisis after the stong hailstorms of 1992-1994. Facing destroyed crops and financial difficulties, growers have turned to other means of prevention such as anti-hail nets or hail suppression. This crisis has demonstrated the necessity of a better consideration of natural risk in the long-term development of agriculture. Projects of agricultural development and management should integrate the cost of natural hazards ; otherwise, great difficulties may occur in case of the destruction of crops by an unexpected natural phenomenon.

Keys-words : Hail, natural hazard, climatology, crop-insurance, risk management, agricultural development.