50376
1992
105-1

50376
1992
105-1

N° d'ordre: 795

Université des Sciences et Technologies de Lille (Lille I)

U.F.R. des Sciences de la Terre

T H E S E

présentée devant

l'Université des Sciences et Technologies de Lille (Lille I)

pour l'obtention du grade de

DOCTEUR D'ETAT Mention SCIENCES NATURELLES

BIBLIOTHEQUE INTERUNIVERSITAIRE SECTION DE SCIENCES LILLE

François-Xavier MASSON

BIBLIOTHEQUE INTERUNIVERSITAIRE SECTION DE SCIENCES LILLE

GESTION DES SOLS DE LA REGION DU NORD (FRANCE)

Relation sols et formations superficielles

Proposition d'une démarche générale

Tome I

Soutenue publiquement le 24 juin 1992 devant la commission d'examen

JURY:

MM.	P.	CELET	Président-Rapporteur
	J.	SOMME	Rapporteurs
	J.C.	FAVROT	
	J.	MAUCORPS	Examinateurs
	E.	ROOSE	
	J.	LOZET	

BIU 03637

REMERCIEMENTS

Au terme d'une thèse, c'est un plaisir d'exprimer en quelques lignes les remerciements à tous ceux dont on a reçu la collaboration. Au delà de l'expression d'une gratitude, il est agréable d'associer ceux qui ont suivi l'élaboration du travail et infléchi son évolution.

Aborder une question complexe comme l'étude des sols et leur gestion, nécessite de rechercher des avis et des collaborations, ils furent ici très nombreux.

Les personnalités composant le jury ont accepté la tâche de lire et d'améliorer la valeur du mémoire.

Monsieur CELET, Professeur Emérite à l'Université de Lille I, responsable du Laboratoire de Géologie Dynamique, m'a accueilli dans son laboratoire. Ses encouragements tout au long de l'élaboration de cet ouvrage, ont permis d'en voir la conclusion.

Monsieur SOMME, Professeur à l'Université de Lille I, responsable du Laboratoire de Géomorphologie et d'études du Quaternaire, par ses connaissances sur les formations superficielles de la région du Nord, m'a initié, guidé, et aidé de nombreuses critiques constructives. Je lui dois bien sûr la mise en ordre de nombreuses observations sectorielles, se rapportant aux formations superficielles, mais je lui dois, plus encore pour ses encouragements chaleureux.

Monsieur FAVROT, Directeur de recherche à l'I.N.R.A., responsable du Laboratoire de Science des Sols à Montpellier. Ses relectures utiles ont permis de faire le lien entre la pédologie et la géologie des formations superficielles. Il m'a introduit dans le monde de la science des sols et recentré ce mémoire.

Monsieur MAUCORPS, Ingénieur principal au Service d'Etudes des Sols de la carte pédologique de France à l'I.N.R.A. de Laon, (S.E.S.C.P.F.). Ses connaissances sur les sols ont permis d'améliorer efficacement les travaux de description et d'interprétation, ainsi que la rédaction du mémoire.

Monsieur LOZET, Professeur honoraire à l'Institut Supérieur Industriel de Huy-Gembloux, Président honoraire de la Société Belge de pédologie, m'a autrefois initié à l'art difficile de la pédologie.

Monsieur ROOSE, Directeur de recherche à l'O.R.S.T.O.M., Montpellier, m'a fait bénéficier à de nombreuses reprises de ses connaissances très larges dans le domaine de l'érosion et du ruissellement sur les terres agricoles. Ses conseils me furent souvent utiles dans ces domaines.

Je remercie ceux qui à la Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt m'ont encouragé ou aidé pour ce travail, Monsieur VIGOUROUX, Directeur régional, Monsieur BORTOLOTTI, Directeur régional adjoint, Monsieur MOREAU, Directeur départemental adjoint. Je remercie particulièrement Monsieur REYNAUD, Chef du Service Régional de l'Aménagement des Eaux, avec qui j'ai travaillé pendant plus de 10 ans et qui m'a toujours soutenu dans cette entreprise.

Je remercie également mes collègues: Monsieur MULLER, pour ses conseils en dessin et en topographie, MM. PARENT, DEHEUL, AGASSE, vers qui je me suis tourné pour les questions d'hydraulique et d'aménagement, M. BLU, pour les renseignements d'hydrologie, M. VERDEVOYE, hydrobiologiste, pour ses précieuses informations dans le domaine de la qualité des eaux.

J'ai une attention particulière pour les collègues de la Direction Départementale de l'agriculture qui ont indirectement

soutenu ce mémoire ne se montrant attentifs à mes demandes de renseignement, ou en soutenant par leur collaboration l'activité des pédologues. Sans pouvoir les nommer tous, je citerais M. KALISZEWSKI, qui m'a très activement encouragé.

Au service Régional d'Economie Agricole, je remercie Monsieur PONTHUS pour les discussions que nous avons eu, et surtout Mlle HONDET qui m'a aidé pour les difficiles questions de l'économie. Dans ce domaine je remercie également M. MASSON, du laboratoire U.R.A. 362 du C.N.R.S., et M. BOUSSEMAERT, Maître de Conférence à Lille III, U.F.R. d'administration économique et sociale. J'ai reçu également le conseil de M. CHAMLEY, professeur en sciences de la terre à l'Université des Sciences et Techniques de Lille, pour les questions se rapportant à la sédimentologie et la minéralogie. Un certain nombre de chercheurs m'ont apporté leurs conseils par des critiques et des relectures très utiles: je citerai M.M. MASCLET, VALLES et MARIN-LAFLECHE de l'I.N.R.A..

Je remercie également Mme CUNAT-BOGE, qui m'a aimablement fourni de nombreux renseignements et documents.

J'ai eu la chance de participer à l'encadrement de plusieurs D.E.A et thèse en sciences de la terre, dont ceux de MM. KETELS, FOURRIER, DOUAY, DEGAND, KOSZAREK qui reconnaîtront dans ce mémoire leurs apports respectifs.

J'ai reçu la collaboration très précieuse de mon épouse qui a assuré patiemment la frappe de ce mémoire et dont l'aide fut indispensable. J'ajoute un mot pour mes 7 enfants qui ont supporté gentiment mon manque de disponibilité, et qui espèrent toujours que "quand papa aura fini sa thèse, on pourra enfin..."

R E S U M E

Ce mémoire présente les résultats de travaux entrepris sur la gestion des sols de la Région du Nord de la France. Des méthodes originales ont été mises en oeuvre pour l'acquisition, le traitement et le classement des données, ainsi que pour leur restitution sous une forme opérationnelle vis à vis d'utilisateurs variés. Elles concernent à la fois la caractérisation des sols et des formations superficielles sous-jacentes. Ces démarches, dont l'organisation des levés, les modalités d'observation, ainsi que la mise en place des outils, tels que les fichiers, coupes, diagrammes et cartes, sont exposés dans une première partie.

Dans une deuxième partie, à partir de la nature et de la distribution des sols et des formations superficielles, dans différentes petites régions naturelles, sont discutés les processus de mise en place et genèse (origine éolienne, alluviale ou marine, héritage paléopédologique)

Une troisième partie est consacrée à différentes études appliquées (drainage, épandage souterrain, conservation des sols) qui concernent les zones agricoles, naturelles et péri-urbaines. Les propositions faites sont destinées à faciliter les décisions des utilisateurs: administratifs, financiers, aménageurs.

Toujours en vue de propositions techniques concrètes, la quatrième partie décrit le recours à divers types d'inventaires représentant différentes couches d'information: pédologie, géologie. les relations entre chargés d'étude et décideurs y sont également abordées, ainsi qu'une évaluation de l'intérêt économique des études pédologiques et géologiques préalables aux aménagements.

GESTION DES SOLS DE LA REGION DU NORD (FRANCE)

RELATION SOLS ET FORMATIONS SUPERFICIELLES PROPOSITION D'UNE DEMARCHE GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La gestion des sols consiste à raisonner l'aménagement et l'utilisation des sols. Il s'agit d'optimiser les relations entre les chargés d'études qui détiennent l'information et les utilisateurs d'informations (Maîtres d'ouvrage, décideurs administratifs, agriculteurs, industriels, entrepreneurs). Pour faire cela, il est indispensable de bien connaître le milieu sans dissocier les sols et les formations superficielles.

Pour acquérir ces connaissances, il faut une méthode qui soit adaptée au contexte physique, administratif, économique du milieu que l'on veut gérer.

Dans la Région du Nord de la France, je me propose de montrer comment une telle démarche est possible à partir d'une expérience personnelle acquise dans le contexte d'une administration (Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt). Dans ce cadre, sont abordés les problèmes de programmation, de contrôle, de conduite d'opération et d'étude concernant à la fois l'aménagement de l'espace rural, naturel, urbain dans un contexte humain et économique d'une région particulièrement peuplée. Les cadres physiques et économiques ne peuvent donc être dissociés.

Dans cette région les sols actuels sont liés à l'évolution des formations superficielles. La conception générale de la méthode comprend l'organisation de la saisie pour la conservation et la gestion des données. Il s'agit d'un canevas de saisie géographique permettant d'intégrer sous forme emboîtée l'ensemble des données sectorielles des paramètres liés aux sols et aux formations superficielles.

Cette démarche est spécifique, elle comprend l'acquisition des informations sur les sols et les formations superficielles à partir d'observations ponctuelles. Pour des contraintes liées à la demande des utilisateurs, elles comprennent surtout des sondages, mais peu de profils, avec quand même une forte proportion de sondages profonds liés au

rôle fondamental dans le Nord des formations superficielles. Souvent, il n'y a pas de formalisation de la carte des sols ou des formations superficielles en tant qu'état des lieux du milieu, mais traduction immédiate de la connaissance sur la nature et la répartition des sols en termes de recommandations concrètes ou techniques liées au problème posé. Ceci en général, mais avec des exceptions comme la carte des sols des secteurs de référence.

A partir d'un objectif commun à tous les pédologues, dans l'idéal, la formalisation de la connaissance des sols acquise lors des prospections prend deux formes: une carte des sols qui synthétise des données ponctuelles et qui représente la distribution des sols, et un fichier qui conserve intégralement l'information ponctuelle des profils et des sondages. En général, en France et ailleurs on privilégie le premier aspect, et le fichier ne conserve que les profils, c'est à dire une infime partie des données acquises. Dans la Région du Nord, j'ai été amené à privilégier la deuxième démarche en raison de la demande imposant souvent les choix suivants: peu de profils et absence de carte de sol stricto sensu, avec toutefois la possibilité de réaliser cette carte à partir des données existant dans le fichier.

1/ Présentation de la Région du Nord.

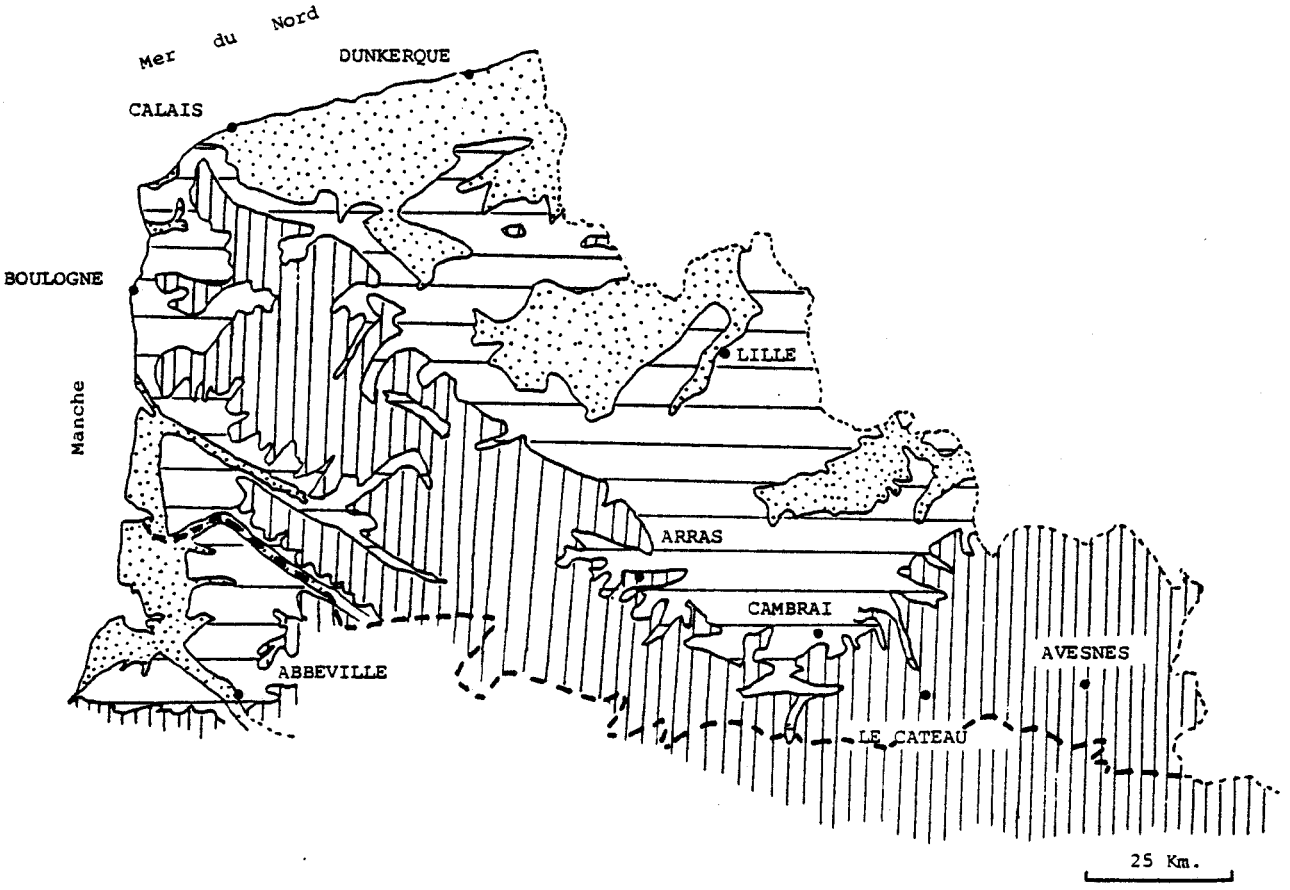
Pendant longtemps, les formations superficielles sur lesquelles se sont développés les sols de la Région du Nord ne se trouvaient connues qu'à partir des travaux des géologues et des géomorphologues, en particulier ceux de BLANCHARD (1906), GOSSELET (1873 à 1920), DUBOIS (1924), BRIQUET (1906 à 1945), PINCHEMEL (1953 à 1956), SOMME (1977).

D'après ces auteurs, la Région est marquée par le contraste entre d'une part, les zones hautes de l'Artois et de

la bordure de la Picardie, et d'autre part les zones basses des plaines flamandes et de la plaine littorale picarde. Il existe ainsi une juxtaposition de plateaux, de plaines et de petites collines s'imbriquant étroitement, déterminant ainsi une grande diversité de paysages et de sols . La présence d'une importante couverture de limons éoliens pléistocènes et de dépôts marins récents dans les plaines littorales, confèrent à la région une apparente monotonie lithologique. Cependant, les contrastes topographiques (fig. 1), ainsi que la multiplicité des formations sous jacentes (fig. 2) ont influé sur le drainage naturel des eaux et par là même sur l'évolution des loess de couverture et des sédiments marins récents. Ces variations déterminent une véritable mosaïque de paysages (fig. 3) et donc de sols.

Engagé depuis 1973 dans la caractérisation des sols régionaux par le biais de l'aménagement agricole, j'ai pu vérifier la variabilité de la couverture pédologique en recourant à plusieurs types d' approches. Les résultats de ces recherches et réflexions constituent un apport original pour la résolution de nombreuses questions, parfois très complexes, se rapportant à l'étude et à l'utilisation des sols.La diversité des sols m'est apparue dès mes premiers travaux dans la Plaine littorale des Wateringues (MASSON, 1976, 1979). Cette plaine présente en effet une juxtaposition de sols jeunes, peu évolués, mais très complexes. Plus tard la cartographie d'autres territoires de plaines et de collines, me permit de constater le grand nombre des situations conditionnant la formation de sols plus évolués génétiquement.

Cette diversité s'explique, entre autres, à partir de deux facteurs principaux, la nature perméable ou imperméable des formations antéquaternaires formant le substrat des dépôts plus récents, et les formes du relief qui déterminent des zones hautes et basses. Ces deux facteurs conditionnent ensemble la dynamique de l'eau et, de ce fait, déterminent l'évolution des



LEGENDE :

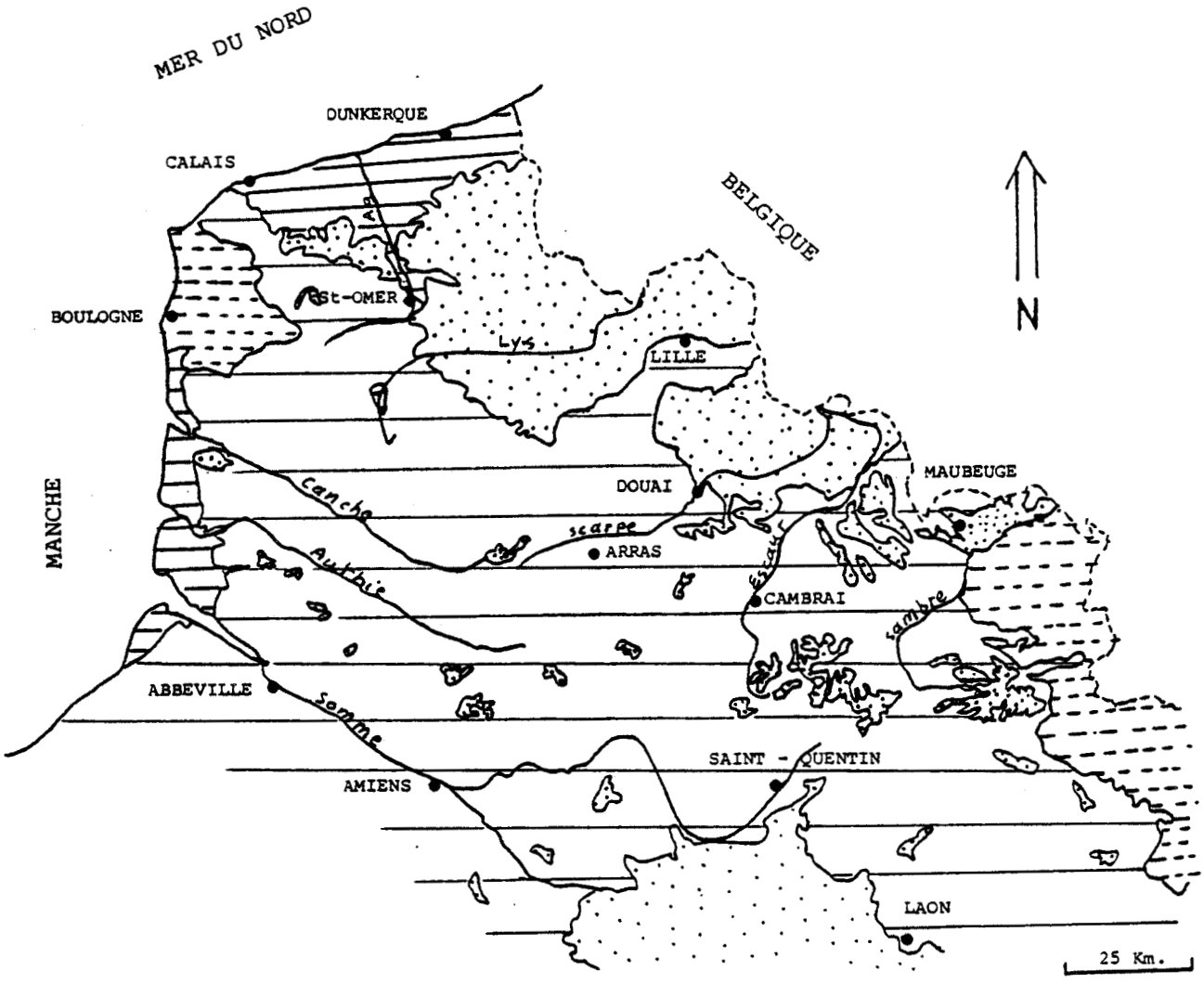
Altitude inférieure à 20 m

Altitude comprise entre 20 et 80 m

Altitude supérieure à 80 m

Fig. 1 : Esquisse du modelé de la Région du Nord de la France .

(d'après J.SOMME,1977, complément F.X. MASSON,1992)



LEGENDE:

- Holocène marin
- Tertiaire
- Crétacé supérieur
- Crétacé inférieur, jurassique et primaire

Fig. 2 : Esquisse géologique du Nord de la France.

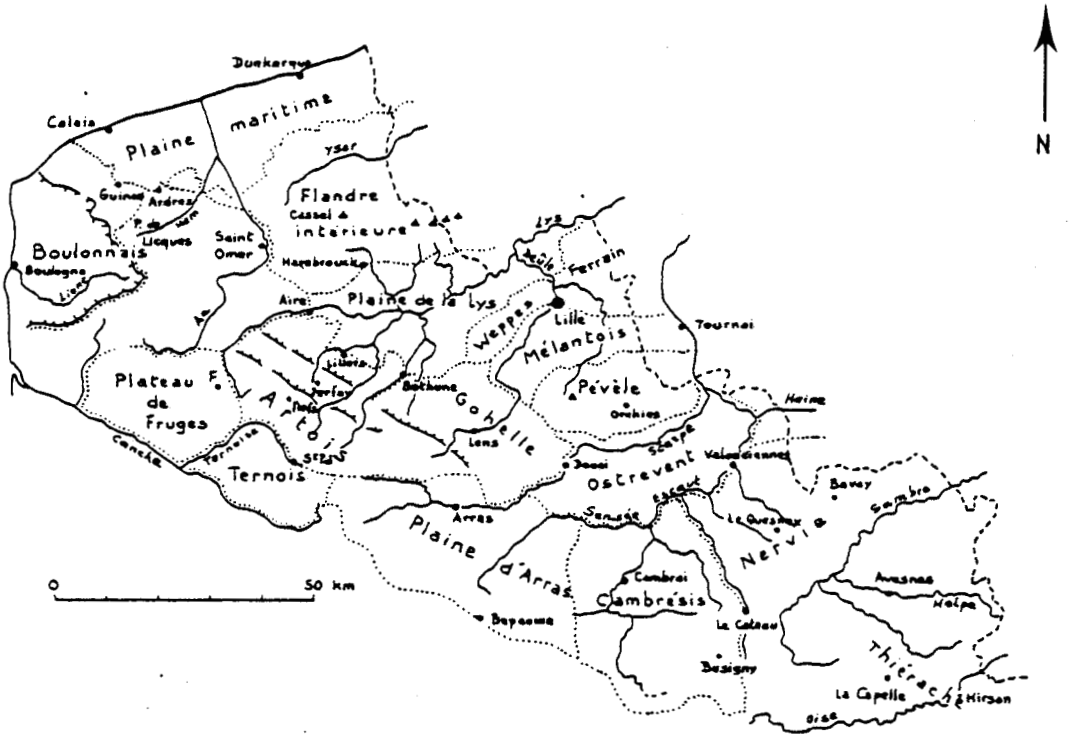


Fig. 3 : Les régions du Nord de la France (d'après J. GOSSELET)

(J. SOMME, 1977)

formations de couverture sur lesquelles se sont développés les sols.

Par ailleurs la connaissance des sols résulte également d'approches spécifiques à la résolution de problèmes d'aménagement et de conservation très divers, tels que le drainage agricole, la lutte contre le ruissellement, le maintien de la stabilité structurale, l'utilisation du sol comme milieu épurateur, la fertilité , la gestion de l'espace à différentes fins (culture, forêt, habitat, loisir, etc.). Chacune de ces techniques entraîne en effet une perception sensiblement différente du sol.

2/ Les objectifs d'aménagement et la connaissance scientifique du sol.

Il peut apparaître une certaine disjonction entre la connaissance et la représentation des sols à objectifs scientifiques (cartes et documents privilégiant les caractères pédogénétiques) , et celles utiles pour concevoir l'aménagement ou les modalités d'utilisation des terres.

Toutes les caractéristiques d'évolution pédologique ne sont pas toujours en relation avec des applications techniques. A l'inverse, certains caractères, utiles à l'application technique, peuvent être omis lors de reconnaissances, dans la mesure où ils ne sont pas nécessaires à la description du sol et au classement.

3/ La connaissance des sols et les besoins de l'aménagement

Le sol apparaît souvent complexe, et il est difficile d'obtenir d'emblée un système de connaissance unique qui puisse être utilisable pour toutes les applications.

Cette complexité apparait également dans les préoccupations des principaux utilisateurs du sol, les agriculteurs. Ceux-ci ont conscience de sa grande variabilité qualitative et spatiale . Ils pensent souvent que seule leur connaissance empirique de chaque parcelle permet d'apporter, cas par cas, les solutions adaptées. Pour beaucoup d'entre eux, aucun interlocuteur, quelles que soient ses connaissances techniques ou scientifiques, ne peut donner de solution raisonnée, ni de système d'explication qui soit généralisable. Ceci transparait notamment dans les vocables régionaux qui localement désignent les sols en fonction de particularités qui paraissent importantes ("brulins" pour les sables de la Plaine des Wateringues, "pacaults" pour les argiles de la Plaine de la Lys, etc.).

La complexité du système "technique d'application - connaissance du sol" apparaît d'autant plus grande que chaque individu détenteur ou demandeur d'informations s'intéresse à des caractéristiques particulières du sol, liées par exemple à l'hydraulique, à la composition chimique, à la mécanique des sols, etc..

4/ Deux approches pour la gestion du sol.

Il est intéressant de faire le lien entre connaissance scientifique et besoins technologiques, afin que les démarches d'acquisition et de synthèse apportent les données opérationnelles, répondent aux questions techniques, proposent un langage et des concepts compréhensibles par les utilisateurs, débouchent enfin sur des propositions concrètes répondant à la nature des problèmes posés, et permettent une gestion globale des sols.

Au plan pratique, il est possible de combiner différentes méthodes d'investigation. Ainsi se dégage une gamme

de démarches adaptées à la complexité du sol, associant suivant les cas: pédogénèse, hydraulique, mécanique, chimie, biologie, etc.

5/ Ouverture vers une recherche appliquée.

Ces notions débouchent nécessairement sur des concepts de sciences appliquées, tels qu'il existe un lien entre la recherche sur les sols et le profit que pourront tirer de cette connaissance les décideurs, techniciens, ou planificateurs.

Il s'agit donc de répondre aux questions : Quelle méthodologie d'acquisition de la connaissance ? Pour quel but, et suivant quel mode de gestion ?

Cette discussion fait l'objet des différents travaux exposés dans les parties du mémoire qui toutes se rapportent à la recherche, à l'organisation de la connaissance, aux techniques d'application de la science du sol, à l'adaptation des réponses aux enjeux économiques.

6/ Présentation du mémoire.

Ce mémoire s'appuie sur les résultats de travaux réalisés de 1973 à 1991 dans le Nord de la France. Il rend compte de plusieurs volets d'investigations.

La première partie présente l'organisation de l'acquisition et de la restitution des données relatives à la connaissance des sols. Une place importante est faite aux méthodes de levé et aux banques de données, ainsi qu'à la cartographie. L'aspect pratique des fichiers est développé.

L'exemple du fichier des sols de la Région Nord est évoqué en le situant par rapport aux fichiers nationaux notamment le fichier pédologique S.T.I.P.A. (Système de Transfert et d'Information Pédologique et Agronomique), système de notation des caractères du sol et de description des profils. Nous signalons également les démarches entreprises par le C.N.I.G. (Centre National d'Information Géographique), dont le but est de promouvoir les possibilités d'interface entre les différentes banques de données géographiques.

La deuxième partie décrit l'approche et la connaissance des sols régionaux acquises dans plusieurs régions naturelles du Nord de la France:

- Les chenaux sableux de la Plaine Maritime des Wateringues.
- La bordure de la Plaine maritime.
- La bordure de la Plaine de la Lys.
- La Flandre intérieure.
- La Plaine de la Slack.
- Les sols anciens du Haut Pays.

A l'aide de ces exemples, sont évoqués divers aspects de la connaissance du sol se rapportant à différentes disciplines : pédologie, géomorphologie, géologie, etc. Ceci conduit à traiter les notions d'héritage, d'origine des sols, de succession de sols dans l'espace et le temps, et de chronologie. D'autres questions sont abordées, en particulier le rôle du développement pédogénétique comme approche du sol, tant au point de vue de sa répartition que de ses caractéristiques.

La troisième partie est consacrée à divers volets de la gestion des sols régionaux, volets relatifs à plusieurs types d'applications tels que:

- l'érosion,
- le drainage,
- la salinité des sols,
- le lessivage des engrais,
- l'épandage souterrain des eaux usées.

Dans cette partie sont abordés la variabilité des caractéristiques relevées et les distinctions entre les sols qui peuvent intervenir pour telle ou telle application et qui ne sont pas toujours prises en considération lors de la description des sondages. Ceci est dû aussi au recours à un système de notation basé sur un nombre limité de caractères. Ces travaux montrent également l'articulation entre recherche sur les sols et applications.

Dans une quatrième partie est discuté l'apport de divers types de cartes et documents, exprimant l'inventaire des sols, pour la gestion de l'espace rural, peri urbain ou naturel. Sont ainsi présentés:

- la Carte Départementale des Terres Agricoles,
- l'inventaire des sols de la Vallée de la haute Lys en vue de leur drainage,
- l'inventaire du milieu et schéma de répartition des sols dans l'Arrageois oriental,
- l'intérêt de la cartographie des sols pour l'agriculture.

Ces travaux généralisent les résultats et les solutions de la recherche appliquée, à un territoire ou une petite région naturelle et les présentent sous forme de cartes ou de documents thématiques. Ils constituent une aide aux décisions techniques se rapportant à ce territoire. Ils ouvrent la discussion sur les méthodes de présentation des documents, le vocabulaire utilisé, les choix et les stratégies de conseil.

Enfin, nous discutons des relations entre propositions techniques et choix économiques. La dimension économique apparaît dès le départ de la demande de connaissance des sols.

L'objectif est une optimisation de la démarche c'est à dire une rationalisation des méthodes de cartographie à différentes échelles et selon différents buts.

On essaie de répondre aux questions suivantes: à quoi sert la carte des sols ou les documents s'y rapportant ? Quel gain peut en attendre l'utilisateur ?

Et comme le document apporte une information, quel gain stratégique l'utilisateur peut-il attendre de cette démarche d'aide à la décision économique?

Quelques exemples illustrent les réponses apportées:

- au niveau des technologies : drainage, lutte contre l'érosion, épandage souterrain des eaux usées,
- au niveau de la planification, à la veille d'un marché sans frontières, il est nécessaire de s'interroger sur l'avantage que peut procurer une connaissance des sols, pour l'industrie, l'aménagement du territoire, l'agriculture et la protection de l'environnement.

7/ Démarche générale utilisée.

Les travaux présentés ont été choisis, parmi d'autres, pour illustrer d'abord le type de démarche que j'ai entrepris dans la Région du Nord, ensuite pour présenter les connaissances nouvelles acquises sur les sols, avec leurs prolongements, tant en matière scientifique que dans le domaine appliqué.

Ces travaux ne résultent pas de recherches préparées selon un schéma préalablement organisé et complet, mais correspondent à l'utilisation de données existantes, acquises à

l'occasion de travaux dont les buts n'étaient pas nécessairement scientifiques.

Ces données sont souvent sectorielles, mais leur organisation, leur nombre, leur répartition permettent leur exploitation, afin d'en obtenir un certain nombre de conclusions. Il est possible de présenter ainsi une première vue synthétique sur les sols de la Région Nord, leur évolution, leur comportement, leur aménagement et leur utilisation.

Les connaissances acquises permettent de définir r un certain nombre de pistes de recherche qu'il est possible de poursuivre ultérieurement.

J'ai voulu démontrer ainsi, à partir de l'expérience de la Région du Nord, qu'il existe une cohérence entre les méthodes, les recherches, les applications et les finalités économiques liées au sol. Il s'agit donc d'un système de gestion intégré des activités humaines dont le sol constitue l'interface.

PREMIERE PARTIE

UNE DEMARCHE CARTOGRAPHIQUE ADAPTEE AUX SOLS ET AUX OBJECTIFS APPLIQUES DANS LA REGION DU NORD

INTRODUCTION.

Le concept du sol

La présentation, dans ce mémoire, de la connaissance des sols acquise dans le Nord de la France est précédée d'une discussion sur les démarches originales de recherches que j'ai entreprises dans cette région, démarches qui diffèrent sensiblement de celles réalisées dans d'autres régions, ou par divers organismes de recherche.

Le présent exposé cherche à mettre en évidence la particularité des travaux réalisés dans la région. Ceux-ci visent notamment à caractériser les formations superficielles et les sols qui s'y développent. La méthode utilisée semble bien appropriée au contexte régional, même si elle ne recourt pas exclusivement aux approches pédologiques. Les apports d'autres disciplines voisines sont en effet pris en compte. Il s'agit d'une démarche globale, multidisciplinaire, qui pour chaque cas recherche l'approche la plus adaptée.

Pour clarifier l'exposé, dans les pages suivantes le terme "sol" sera utilisé au sens strict de la pédologie. En effet, ce terme peut avoir une assez large signification, suivant les domaines d'utilisation du sol. Il peut ainsi désigner des matériaux sur lesquels se surimposent des caractères pédogénétiques, signifier un support de construction, un milieu où circule l'eau, où croissent les plantes, etc.

Plusieurs auteurs lui donnent un sens strict, tel DUCHAUFOUR (1970), LOZET et MATHIEU (1986).

DUCHAUFOUR en 1968, 1970 et 1983 définit le sol comme un complexe dynamique comprenant des éléments minéraux une atmosphère, une hydrosphère, une flore, une faune, . La roche-mère s'altère sous l'influence du climat et de la végétation. Cette évolution donne un milieu stable formé de complexes organo-minéraux, avec des propriétés chimiques, physiques et biologiques conférant au sol son individualité.

D'après AUBERT et BOULAINE in LOZET et MATHIEU (1986). Le sol est le *"produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent."*

GAUCHER en 1968 a une définition plus large qui inclut non seulement le sol au sens strict mais également les formations superficielles. Pour lui *"le sol est la couche supérieure de la croûte terrestre (ou lithosphère) qui évolue sous l'effet de phénomènes de décomposition superficielle des roches et dont le degré d'ameublissement ou de fragmentation permet l'implantation de végétaux."* Il propose cette définition différente de celle établie précédemment par DEMOLON (1960) qui indique que *"le sol est la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche-mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques."*

PEDRO (1989) signale que la notion de sol a évolué dans son approche, celle-ci tenant de plus en plus compte de l'environnement. BRABANT (1989) présente le concept de système sol. Dans ce système il inclut: *"la situation dans le paysage régional, l'aspect du paysage, la forme du modelé et celle du réseau hydrographique, la nature du matériau originel et de la végétation, les conditions climatiques, l'histoire climatique et géomorphologique de la région et l'aspect sur les images*

aérospatiales. Ce concept relève donc d''une approche naturaliste et pluridisciplinaire dans laquelle le sol n'est plus qu'une variable parmi d'autres, même si elle est la plus importante."

Mis à part GAUCHER, ces approches et définitions du sol sont strictement déterministes. Dans ce contexte AUBERT et BOULAINE (1989) citent CLINE (1961). Celui-ci rappelle l'opposition existant, aux U.S.A.,*"à la fin des années 40, entre les équipes de H. BENNET (Soil Conservation) et celle de Ch. KELLOG (Soil Survey)" ...* Parmi les *"trois philosophies du sol, l'une supportée par les anciens de la conservation du sol concevait le sol comme un assemblage de propriétés associées comme des variables indépendantes. Aussi ses promoteurs des années 40 niaient toute théorie génétique ou la laissait de côté comme purement académique.*

Une autre philosophie (JENNY) se focalisait sur la théorie génétique en termes de relations fonctionnelles. Sa perspective pratique concevait le sol comme un continuum d'ensembles de propriétés avec peu de discontinuités marquant les limites des types de sols... Elle ne pouvait pas conduire à la définition d'individus-sols cartographiables.

Une troisième philosophie (Soil Survey) était basée sur la définition d'individus-sols relativement homogènes, cartographiables à grande échelle."

AUBERT et BOULAINE (1989) font remarquer que la première définition n'est pas génétique; à l'inverse, les autres sont génétiques et déterministes. Ils indiquent que CLINE se montre favorable à la troisième option, choisie par KELLOG, et approuvent ce choix qui conduit notamment au *"concept de série"* largement diffusé et utilisé en cartographie en France dans les années 1970.

Dans la région du Nord de la France, dans l'énoncé des méthodes de cartographie proposées en 1974 (LAPORTE et MASSON), un certain nombre d'hypothèses sont envisagées sur les

sols. En 1975, LAPORTE dans les notes de cours de pédologie introduit la *"notion de sol"*, qui rassemble l'ensemble des éléments du milieu où se développe le sol et le sol lui-même. Cette notion avait l'avantage d'être complète et de répondre à toutes les techniques d'application qui intéressent non seulement un sol au sens strict, mais un milieu.

Cependant, cette proposition a l'inconvénient de créer une confusion au niveau du langage en amalgamant le sol et son environnement. Elle englobe notamment dans le sol les matériaux de formations meubles dont l'étude se rapporte à la géologie et à la géomorphologie. Cette confusion est gênante dans la mesure où elle peut conduire à minimiser l'étude des sols eux-mêmes et la notion de développement génétique. Cette dernière notion est essentielle, particulièrement dans les régions où les formations récentes de couverture sont moins représentées, et où la différenciation génétique des sols sur des roches en place altérées devient plus fréquente.

Néanmoins, pour les applications pratiques, l'idée est intéressante dès lors que l'objet d'étude ne se limite pas au sol, mais qu'il s'étend à un milieu formé aussi par les dépôts meubles, et les roches sous-jacentes. L'approche cartographique permet alors de passer indifféremment d' une démarche de pédologue, à celle de géologue ou de géomorphologue suivant les besoins de l'application.

Ce type d'association entre le sol et les formations meubles superficielles est fréquent en pédologie. C'est ainsi que l'on parle de *"sols alluviaux"* (C.P.C.S., 1967) ou de fluvisols (F.A.O., 1974, R.P.F., 1990) avec référence dans les profils à des horizons C qui sont décrits à partir de caractères pédogénétiques (CG ou Cg). Doit-on parler de pédogénèse ou de diagénèse (1).

Ce type d'association augmente la complexité du

(1) Diagénèse: Transformations subies par les sédiments après leur dépôt sous l'effet de facteurs biochimiques et physico-chimiques: hydratation, déshydratation, oxydation, réduction, cristallisation, compaction.

langage, reprochée fréquemment aux pédologues et peut constituer une gêne pour les bureaux d'études, praticiens de la pédologie cherchant à interpréter leurs observations en recommandations techniques opérationnelles.

Cette question délicate a fait l'objet de recherches. Le sol au sens pédogénétique étant un objet d'étude trop étroit pour le pédologue praticien à qui l'on demande de répondre à des questions se rapportant souvent à d'autres disciplines.

Le *"système sol"* de BRABANT (1989) est une réponse à ce problème. En effet, on ne peut dissocier le sol de ses facteurs de pédogénèse que sont le climat, le relief, la géologie, la végétation, etc. Toutefois, on peut admettre que les questions situées à la périphérie de la science du sol soient traitées par les disciplines voisines.

Dans la Région du Nord, l'organisation du levé, des banques de données et de la cartographie ne concerne pas seulement une démarche pédologique. Il s'agit d'une approche du milieu pouvant éventuellement convenir à la pédologie, mais se rapportant aussi à d'autres disciplines, telles que la géologie, la géographie, l'agronomie, l'hydrogéologie, la géotechnique, etc. Elle ne vise pas d'abord la reconnaissance pédologique, ni le classement des sols, bien que ces démarches comme d'autres puissent en être l'application.

L'organisation du recueil des caractères des formations superficielles et des sols, est réalisée en vue de répondre aux besoins de connaissance des ensembles pédo-géologiques et des différentes disciplines qui y interviennent.

Cette organisation des données n'est peut être pas complète, mais couvre, sur l'ensemble de la région, une plage (ou un volume) d'environ 1,5 à 3 m de profondeur. Ce milieu est parfois mal couvert par chacune des disciplines, mais fait l'objet de besoins d'informations cohérentes dans de nombreuses applications: ainsi en géologie les dernières

formations de couverture ne forment qu'une part mineure des objets étudiés; en pédologie l'accent est parfois mis seulement sur le développement pédogénétique, en géomorphologie sur les mécanismes de mise en place des dépôts ou des surfaces sur lesquelles se sont formés les sols. Pour chacune des disciplines adjacentes à la science du sol, les observations et les préoccupations ne concernent pas non plus les mêmes épaisseurs de matériaux de la croûte terrestre. La connaissance des sols préalable aux aménagements doit incorporer des études replaçant les sols dans le milieu physique, c'est à dire qu'elle doit intégrer les contextes lithologiques, topographiques, biologiques. Cet objectif est particulièrement important dans la Région du Nord, et suppose une organisation que nous allons présenter dans la première partie de ce mémoire, cette organisation permettant de gérer les observations utilisées ensuite dans les démarches appliquées.

CHAPITRE I

ORGANISATION DU LEVE DANS LA REGION NORD: LE REPERAGE DES DONNEES

INTRODUCTION

La cartographie des sols consiste en partie à définir et délimiter des unités de sols à l'intérieur desquelles les caractéristiques observées sur le terrain sont considérées comme homogènes. Ces données "brutes" d'observation, acquises de manière discontinue, sont interprétées pour tracer des limites et proposer des ensembles, ou unités cartographiques, dont on détermine les propriétés et auxquels on attribue un type de fonctionnement identique en tout point. Il existe dans ce travail d'interprétation un coefficient de variabilité non négligeable, dépendant de chaque cartographe.

Dans la Région Nord, où la réalisation de la carte de sol n'est souvent pas demandée et donc pas effectuée, il est donc nécessaire de conserver l'information originelle et en particulier d'assurer dans un premier temps le repérage précis des points d'observations sur un fond de plan.

Cette démarche de gestion des données est réalisée dans cette région, où nous avons mis au point pour cela une

méthode originale, qui permet non seulement d'organiser le repérage des observations - qui fait l'objet du présent chapitre - mais aussi leur représentation sur fiches, leur conservation, et la cartographie des sols, comme cela sera explicité dans le chapitre suivant.

I - METHODE DE REPERAGE DES DONNEES ET PRECISION DES CARTES.

Le repérage des points d'observation et d'acquisition des données sur un support topographique est une nécessité en cartographie.

Lors des prospections, ce repérage de l'emplacement, aussi exact que possible, s'effectue le plus souvent par pointage sur un plan ou sur une carte. Ce pointage est réalisé en repérant le point réel, par sa distance à l'un ou l'autre élément du paysage (route, haie, fossé) représenté sur un plan ou sur une carte.

La distance est parfois mesurée à la chaîne ou au compteur à fil perdu, souvent au pas . Les angles sont quelquefois mesurés à la boussole, et souvent par orientation du plan par rapport à un repère visible à la fois sur le plan et dans le paysage. La précision du repérage dépendra de la précision des mesures, mais aussi de la qualité et de l'échelle des plans. Pour éviter les erreurs cumulées dues aux reports , l'on devra s'attacher à un bon repérage des données.

Les points d'observation sont repérés avec une erreur de pointage de l'ordre de 10 à 20 m sur un plan à l'échelle de 1/10 000. Cette erreur provient de la mesure de terrain et de l'imprécision du plan. En fait les points d'observation peuvent être considérés comme faisant partie, avec une quasi certitude, d'une surface dont ils sont représentatifs.

Cette approche est celle des systèmes de cartographie automatique qui adoptent pour une surface élémentaire un

caractère particulier représenté par une couleur uniforme. Les images provenant des satellites Spot en sont un autre exemple.

Pour limiter le cumul des erreurs par transfert d'un plan à l'autre, un seul système de projection cartographique est adopté. Pour la cartographie des sols, en France, celui retenu est le fond topographique de l'I.G.N.

Les cartes I.G.N. semblent plus intéressantes que d'autres systèmes de fond de plan moins renseignés et moins précis, tels que les plans cadastraux, ou encore les photographies aériennes ou les images satellites, dont l'échelle n'est pas toujours homogène et bien identifiée.

Ces cartes sont couramment repérées par rapport au système de coordonnées Lambert (I pour la Région du Nord). Les amorces repérant ces coordonnées permettent d'effectuer un carroyage les matérialisant.

Nous allons présenter ci-après un système de repérage qui a trouvé son application dans la Région du Nord de la France (LAPORTE et MASSON, 1974, MASSON, 1976, MASSON, 1979).

II - LA COUVERTURE GENERALE DE LA FRANCE ET SON DECOUPAGE.

Le découpage du territoire national en feuilles rectangulaires de superficie sensiblement constante à l'échelle de 1/50 000 est la base du système cartographique I.G.N.. Les feuilles à 1/50 000 sont ensuite subdivisées en coupures d'échelles plus grandes (1.25 000, 1/10 000 etc.) tel qu'il apparaît sur la figure 4.

Pour mettre en place notre système de repérage, nous utilisons des feuilles à 1/50 000 comportant le carroyage kilométrique et des cartes à l'échelle 1/10 000 (agrandissement du levé à 1/25 000), sur lesquels nous faisons apparaître le carroyage kilométrique et le carroyage hectométrique.

<table>
<tr><td colspan="2">1 - 2

1/4

1/25.000</td><td colspan="2">3

1/8

1/10.000</td><td colspan="2">4</td></tr>
<tr><td>5 AB

1/16

1/10.000</td><td>6 AB</td><td>7A

1/32

1/10.000</td><td>7B</td><td>8A</td><td>8B</td></tr>
<tr><td>5 CD</td><td>6 CD</td><td>7C</td><td>7D</td><td>8C</td><td>8D</td></tr>
</table>

1/50 000

découpage de la feuille à 1/50 000 en fractions: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, dont le format est agrandi en fonction de l'échelle adoptée: 1/25 000 et 1/10 000

LEGENDE:

	Exemple
Numéro du 1/8 de carte obtenu par découpes successives de la feuille à 1/50 000	3
Degré de la découpe	1/8
Echelle courante d'édition	1/10 000

Fig. 4 : Découpages succesifs à différentes échelles de la carte à 1/50 000.

Ces cartes à 1/10 000 couvrent généralement une superficie de territoire correspondant à 1/16 ème de la carte à 1/50 000.

1/ Le carroyage des cartes

Les observations de terrain sont réalisées selon un maillage régulier et s'inscrivent à l'intérieur d'un carroyage délimitant des surfaces élémentaires d'un hectare, soit 1 cm^2 de carte à 1/10 000. Pour matérialiser ce carroyage et ces surfaces, nous utilisons les coordonnées Lambert dont les amorces de carroyage kilométriques figurent sur les feuilles à 1/50 000 et les 1/16 èmes à 1/10 000.

La nomenclature adoptée pour définir la position des données pédologiques mentionne:

1 - le numéro de la carte à 1/50 000,
2 - le repérage du carreau kilométrique,
3 - celui du carreau hectométrique,
4 - le quart de ce dernier carreau.

Cette nomenclature a l'avantage d'indiquer à partir de la numérotation du carreau hectométrique la position géographique du point de sondage. Le quart du carreau hectométrique est indiqué afin que le repérage effectué soit plus précis que celui de l'unité élémentaire de 1 hectare, et corresponde éventuellement à une densité de 4 sondages par hectare.

Le carroyage des cartes comprend plusieurs étapes qui toutes concourent à un repérage général de la région et au delà à une organisation générale des cartographies des sols.

2/ Le carroyage kilométrique (feuilles à 1/50 000)

Le carroyage kilométrique des feuilles à 1/50 000 constitue la première étape du repérage. Nous avons adopté pour

le repérage des feuilles à 1/50 000 la numérotation en vigueur pour les cartes géologiques à la même échelle (Cf fig. 5). Comme l'écriture, elle se fait de gauche à droite (d'Ouest en Est) par rangées de cartes successives. On fait figurer le numéro en haut et à gauche de la carte tel que nous pouvons le voir sur la figure 6.

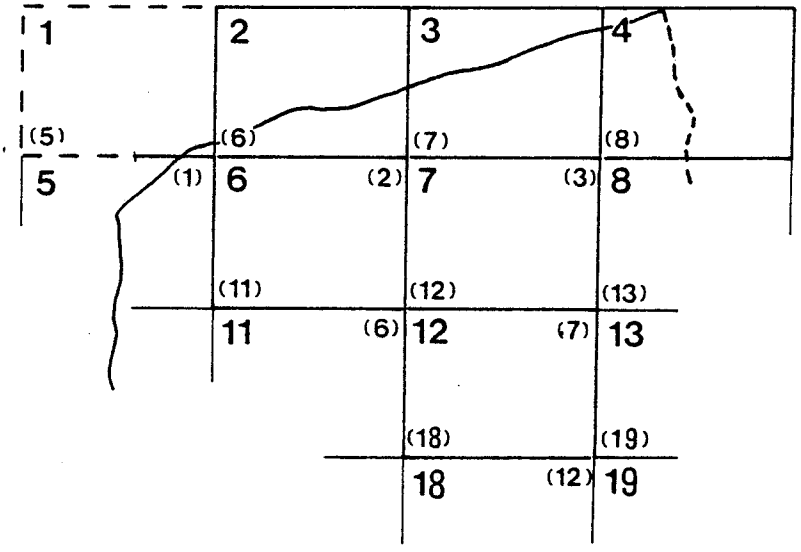
Sur cette figure le carroyage kilométrique Lambert est tracé. Sur la marge gauche des lettres de A à U désignent les rangées de carreaux kilométriques, sur la marge du haut, des chiffres de 1 à N désignent les colonnes de carreaux kilométriques, ainsi que diverses références utiles (nom et numéro de la coupure).

Les marges de droite et du bas sont coupées pour permettre l'assemblage de plusieurs feuilles. Nous pouvons ainsi établir à l'aide des cartes à 1/50 000, ainsi préparées (éventuellement à 1/25 000) un plan d'ensemble de la région. La numérotation des carreaux kilométriques est indépendante d'une carte à l'autre, malgré le fractionnement de ces carreaux en bordure de cartes.

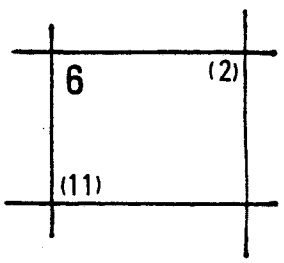
3/ Le carroyage hectométrique (feuille à 1/10 000).

Le carroyage hectométrique des feuilles à 1/10 000 complète le repérage des surfaces élémentaires de terrain. En raison de l'échelle, généralement seules les coupures représentées à 1/10 000 de la carte I.G.N. portent le carroyage hectométrique.

Ces coupures reprennent le numéro de carte à 1/50 000 et la nomenclature du carroyage kilométrique (Cf fig. 7). Celle propre aux carreaux hectométriques n'y figure pas. En effet, il est facile de les retrouver rapidement à l'intérieur d'un carreau kilométrique: soit de A à J en ordonnée et de 1 à 10 en abscisse. Il en est de même des quarts hectométriques qui, de gauche à droite, par lignes successives descendantes,



LEGENDE :



6 : numéro de la feuille de Guines

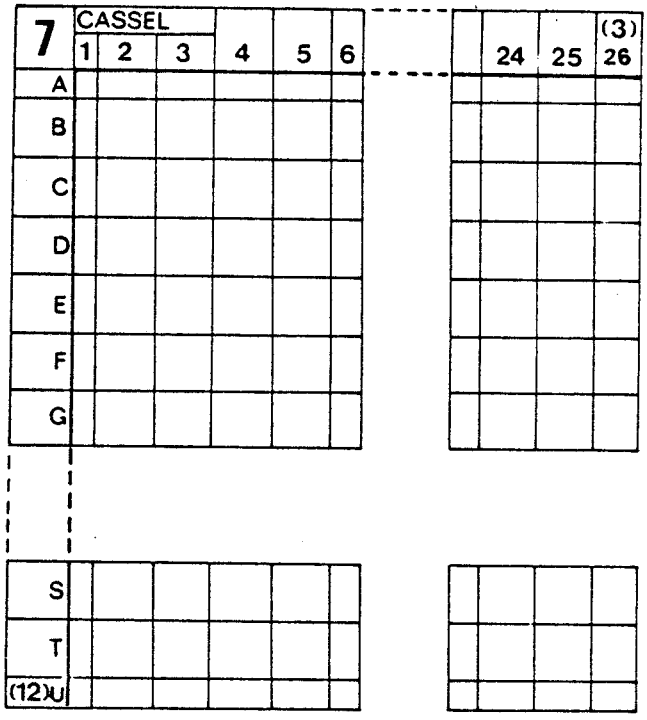
(2) : numéro de la feuille sus-jacente

(11): numéro de la feuille sous-jacente

Liste des coupures représentées:

1 : Sangatte, 2: Calais, 3: Dunkerque, 4: Hondschoote, 5: Marquise, 6, Guines, 7: Cassel, 8: Steenvoorde, 11: Desvres, 12: Saint-Omer, 13: Hazebrouck, 18: Lillers, 19: Béthune.

Fig. 5 : Assemblage et numérotation des feuilles à 1/50 000 (Région des Wateringues, Nord de la France)



LEGENDE :

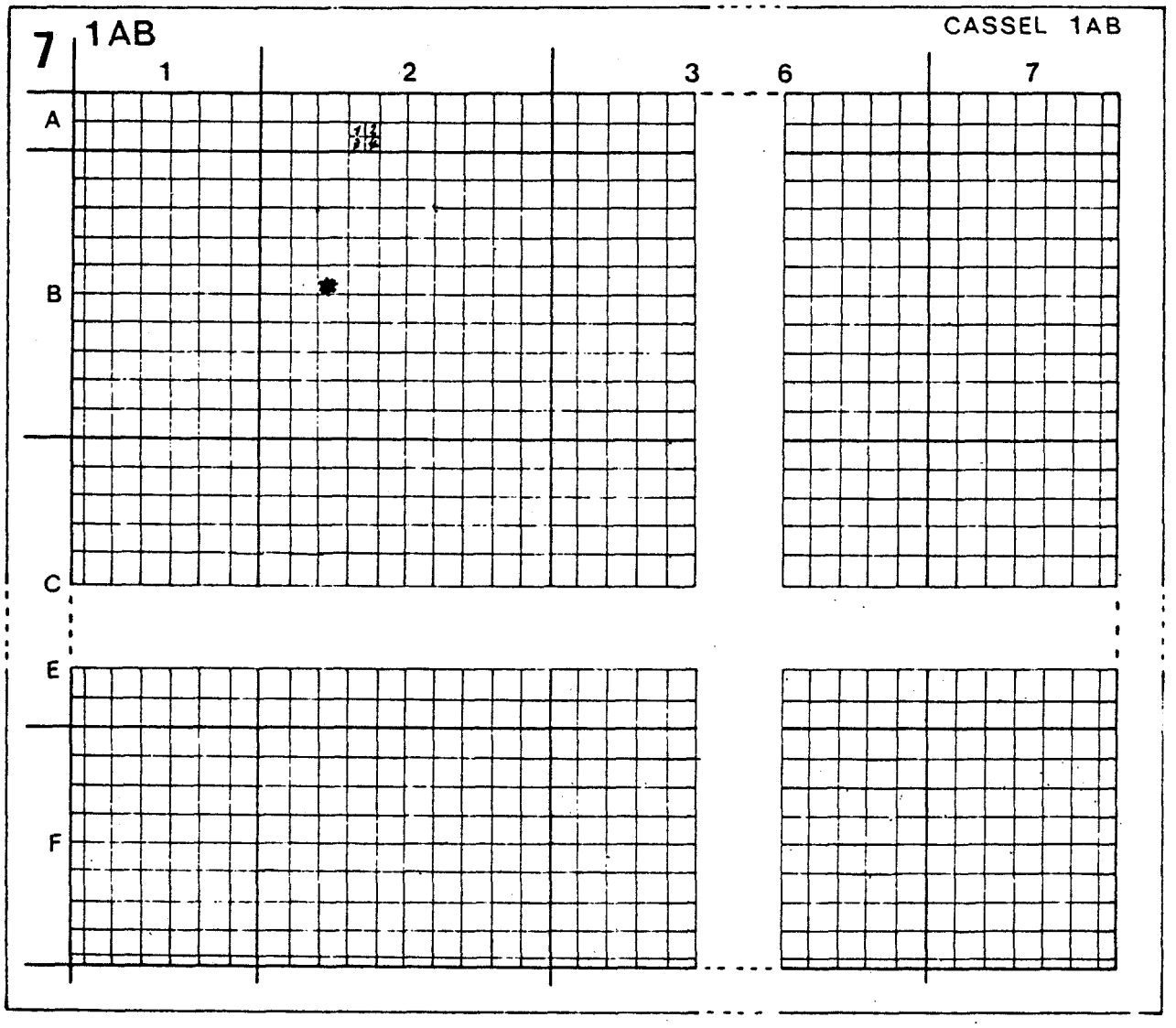
en haut à gauche : 7 = numero de la feuille
CASSEL = nom de la feuille

en abscisses de 1 à 26)
en ordonnées de A à U) numérotations kilométriques

en haut à droite : (3) n° de la feuille sus-jacente
en bas à gauche : (12) n° de la feuille sous-jacente

Fig. 6 : Feuille à 1/50 000 , carroyage kilométrique.

Coupure de Cassel, Nord de la France.

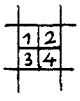


LEGENDE:

en haut à gauche : 7 = numéro de la feuille à 1/50 000
en haut à gauche : 1 AB = titre du premier 16 ème

en ordonnée de A à F)
en abscisse de 1 à 7) numérotations kilométriques

en haut à droite : CASSEL 1AB : appellation I.G.N. de la carte



: division du carreau hectométrique en quatre quadrants numérotés 1-2-3-4

: point repéré par la numérotation suivante 7-B2-E3-3

NOTA : Comme il est dit dans le texte le carroyage hectométrique a été dessiné mais non numéroté.

Fig. 7 : Nomenclature des 16 èmes. Carroyage kilométrique et hectométrique, Coupure de Cassel, Nord de la France.

suivent la numérotation 1 - 2 - 3 - 4. Cet ordre est noté sur la figure 7 au carreau kilométrique 7 - A 2.

Ainsi nous obtenons un repérage détaillé des éléments de surface sur lesquels se situent les observations du sol nécessaires à la cartographie. Donnons un exemple: le point marqué d'une astérisque sur la figure 7 aura pour repérage complet: 7 - B 2 - E 3 - 3. Ce point se situe à l'intérieur d'une surface carrée de 50 m de côté et sera considéré comme localisé à l'intérieur de cette surface. Par convention ce même point pourra être repéré à partir des coordonnées Lambert (x et y) du coin bas et gauche du carreau hectométrique suivi du numéro du quart hectométrique. Le même point aura donc pour repérage les coordonnées suivantes: 359,5 - 588,2 - 3.

Ce double repérage évite toute possibilité d'erreur de localisation du sondage qui sera également indiqué sur un fond de plan.

Ce système de repérage est très lourd dans la phase initiale de préparation des plans. Il s'allège considérablement ensuite par réutilisation successive des mêmes bases de plans pour différentes prospections d'études. Toutefois cela suppose, pour différentes applications, une densité assez forte d'études sur un même territoire.

4/ Le carroyage de cartes et de plans à d'autres échelles (1/5000, 1/2000), et les changements d'échelles.

Pour des raisons pratiques d'échelles de plans existants, notamment les plans cadastraux, le carroyage kilométrique et hectométrique pourra être matérialisé sur des plans ou cartes à l'échelle de 1/5000 et de 1/ 2000. L'usage de ces échelles ne peut qu'augmenter la précision du repérage de l'emplacement des points d'observations. Le report du carroyage se fera toujours à partir du fond de plan I.G.N. à 1/50 000, 1/25 000 ou 1/10 000.

Exceptionnellement et pour des levés de carte à plus petite échelle, on utilisera des fonds de plan à 1/25 000 en prenant soin de repérer soigneusement le point d'observation. On pourra utiliser deux méthodes, soit matérialiser les carroyages kilométrique et hectométrique sur le plan, ou encore ne réaliser que le carroyage kilométrique et ensuite utiliser une grille que l'on déplace sur la carte afin de repérer le carré hectométrique recherché.

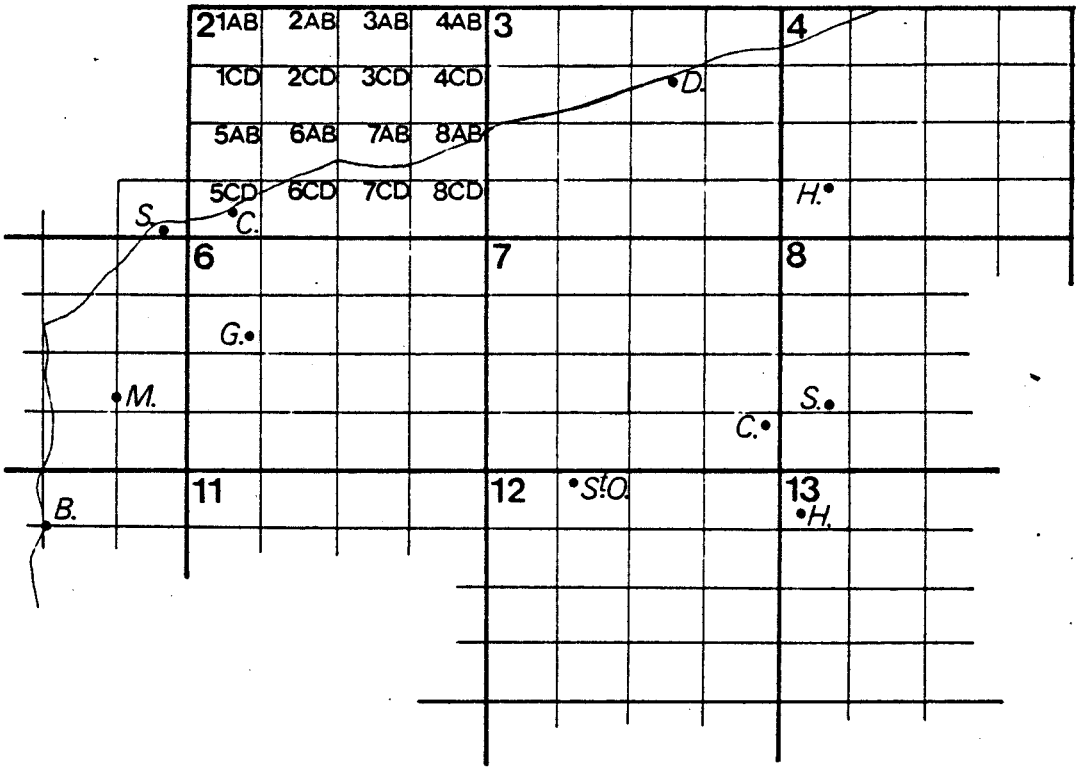
On peut encore procéder à l'agrandissement ou à la réduction photographique d'un plan carroyé. Ceci évite lors du passage d'une échelle à une autre, un travail important de dessin. On procède, par exemple, à l'agrandissement, soit de la carte I.G.N. à 1/25 000 pour obtenir une échelle à 1/10 000, soit de celle à 1/10 000 pour obtenir une échelle à 1/5 000. Ces changements d'échelle sont pratiques pour la lecture des plans, les possibilités de notations, etc.

Ce système de changement d'échelle allège considérablement le travail du chargé d'étude, dès lors qu'il existe déjà, sur la région étudiée, un système de plans carroyés.

5/ Plan d'assemblage.

La prospection et le plan de sondage se feront à l'échelle d'une région naturelle, généralement à partir des 1/10 000 renseignés sur lesquels est reportée la nomenclature des feuilles à 1/50 000. Ces dernières, comme les 1/25 000, sont utilisées en cas de reconnaissance rapide du terrain.

Le repérage d'un site d'observation se fera quasiment toujours sur les fonds à 1/10 000 (éventuellement à 1/5000 et 1/2000) ce qui nécessite un plan d'assemblage des différentes feuilles couvrant la région concernée. Nous voyons fig. 8 le schéma d'un exemple de plan d'assemblage de ce plan. Le découpage des 1/50 000 apparaît en traits forts et les limites



1(S): Sangatte
2(C): Calais
3(D): Dunkerque
4(H): Hondschoote
5(M): Marquise

6(G): Guines
7(C): Cassel
8(S): Steenvoorde
11(D): Desvres
12(StO): Saint-Omer
13(H): Hazebrouck

Fig. 8 : Plan d'assemblage des 16 èmes, (échelle à 1/10 000), découpant les feuilles à 1/50 000 , Région des Wateringues, Nord de la France..

des feuilles à 1/10 000 en traits fins. Les numérotations correspondantes figurent en haut et à gauche de chaque fraction de carte. Ce plan d'assemblage sert de plan général et de recollement.

CONCLUSION

Cette division régulière du territoire et les méthodes de repérage permettent d'organiser des systèmes de distribution réguliers d'observations aux densités correspondant aux différentes échelles de cartographie adoptées dans la Région du Nord.

L'exemple de l'organisation du levé adopté dans la Région du Nord est développé dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II

LA PROSPECTION CARTOGRAPHIQUE
ORGANISATION DU LEVE DES SOLS ET DES FORMATIONS SUPERFICIELLES
DANS LA REGION DU NORD

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, je développe les méthodes nécessaires aux démarches de cartographie utilisées dans la Région du Nord, et qui consistent à assurer, d'une part, la répartition des sites d'observations sur le terrain, et d'autre part, le relevé et la conservation des caractères du sol. Ce recueil d'informations concerne non seulement les sols, mais aussi les formations superficielles qui généralement en font partie. Ces démarches constituent un effort de rationalisation, et de gestion en vue d'harmoniser les travaux de recherche, d'application et les choix économiques qui en dépendent.

Ces méthodes originales, utilisées dans la Région du Nord, peuvent s'associer ou se substituer à celles réalisées par d'autres organismes. C'est pourquoi ces différentes démarches sont mentionnées chaque fois qu'il est utile.

I - ORGANISATION DE LA DISTRIBUTION DES POINTS D'OBSERVATION

D'une manière générale, pour l'ensemble du territoire français, les levés de terrain sont réalisés à partir d'observations du sol, qui sont faites par sondages et fosses. Le levé d'un document cartographique suppose le choix judicieux de l'emplacement des observations permettant de définir les sols et de les délimiter.

L'approche la plus courante consiste à structurer d'abord le territoire à cartographier en ensembles de paysages tels que versants, plateaux, vallées, puis à découper ces ensembles en unités de sols considérées comme homogènes.

L'on pourra prospecter, par exemple, selon des toposéquences (1) et positionner en conséquence les points de sondage, ou bien l'on pourra suivre une lithoséquence (2), ou encore se référer à la végétation etc. Ces différents indicateurs du paysage sont ainsi utilisés comme critères généraux de la cartographie.

L'on pourra également utiliser différents types de photographies aériennes (fig. 9): panchromatiques, infra rouge, couleur, ou encore avoir recours à des images satellites. Celles-ci différencient des plages de couleur ou tonalité homogènes qui seront ensuite précisées lors de la prospection des sols. Ces méthodes sont plus ou moins intéressantes selon les milieux, et permettent dans certains cas, d'obtenir des résultats assez fins au niveau des limites de zones (JAMAGNE *et al.* 1967).

D'autres méthodes privilégient l'observation des sols selon un quadrillage systématique de sondages pour vérifier la nature et le contour des unités de sols. Parmi elles, la méthode de répartition régulière des points de sondage, adoptée dans la Région Nord, fournit un exemple que nous développons ci-après (LAPORTE et MASSON, 1974, MASSON, 1976, 1979).

---

(1) Toposéquence: Succession de sols se retrouvant constamment dans un ordre déterminé en fonction du relief.

(2) Lithoséquence: Succession de sols en fonction de variations de matériel parental.

PAYSAGES DES MOERES ET DE LA 4 ème SECTION DU NORD

Appareils littoraux

D1 : Dunes actuelles

D2 : Dune ancienne d'époque atlantique

D3 : Recouvrement sableux à proximité des dunes

Plaine tourbeuse

T : Tourbe superficielle ou enfouie

Anciens estrans et chenaux sableux

S1 : Sables affleurants

S2 : Sables à couverture d'alluvions marines

Anciens estrans vaseux

P : Argiles des polders

Ancien lac asséché

M : Cuvette des Moères

(J. SERVANT 1973)

Fig. 9 : Cartographie sédimentologique par photo interprétation. Région des Wateringues. Nord de la France.

II - METHODE DE REPARTITION REGULIERE EN RESEAUX DE POINTS DE SONDAGE.

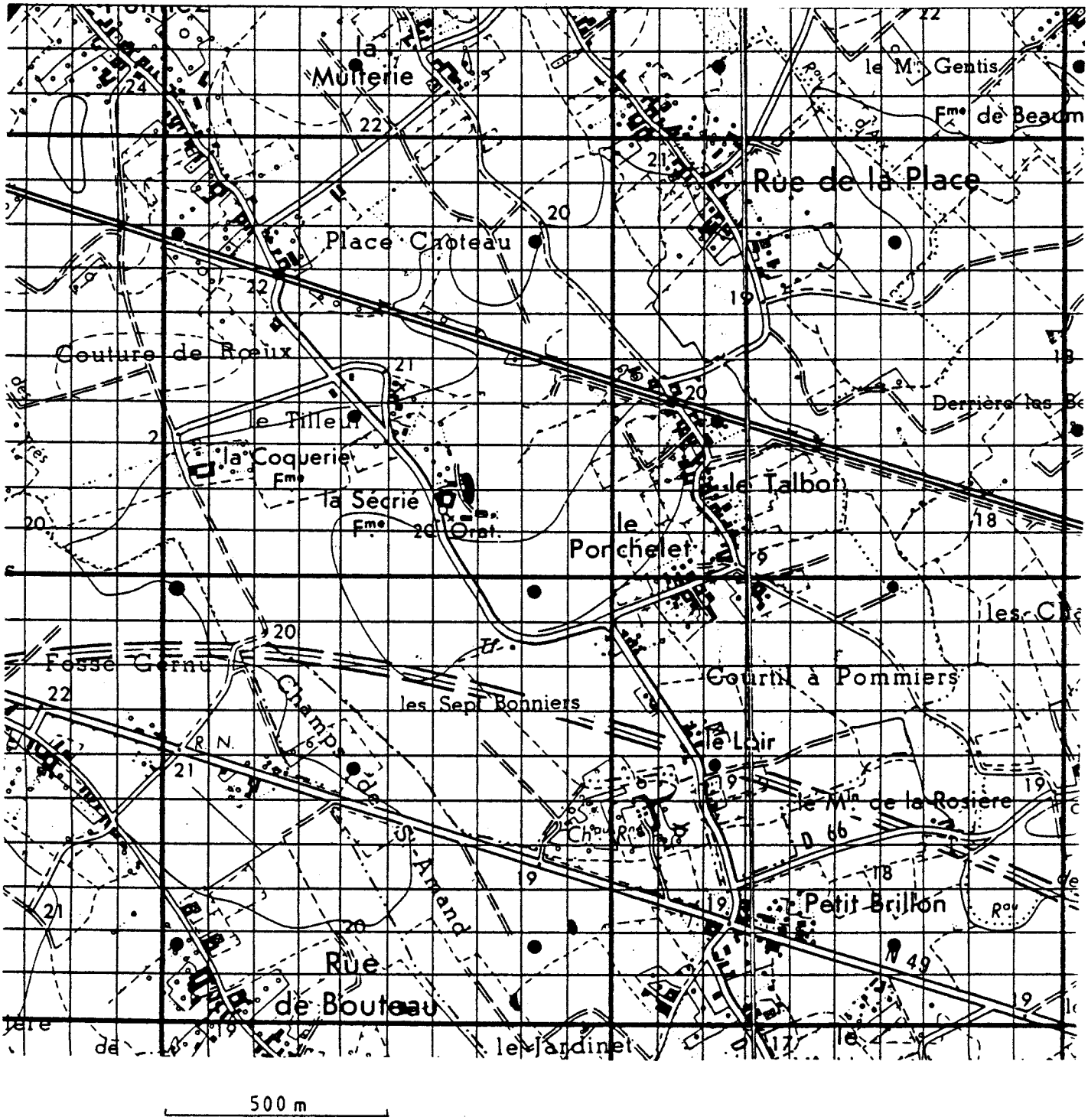
La méthode utilisée dans la Région du Nord, appelée parfois "méthode des réseaux", constitue une approche de type statistique des régions à cartographier. Dans sa phase initiale, la reconnaissance des sols se réalise uniquement à partir de points de sondages répartis régulièrement, de façon à obtenir une connaissance uniforme du milieu. La distance entre les points de sondage est déterminée en fonction de la précision recherchée pour les documents de synthèse, elle même fonction de la précision souhaitée par l'utilisateur.

Cette méthode est particulièrement adaptée à la Région du Nord, en raison de l'absence fréquente de critères cartographiques d'accès aisé: absence de relief dans les plaines basses et disposition en manteau uniforme des dépôts loessiques sur les régions de collines. Le caractère plus ou moins aléatoire de la répartition des dépôts constitue une autre difficulté.

III - PLANS DE SONDAGE.

Cette méthode nécessite l'établissement de plans de sondage sur l'ensemble de la région, de manière à disposer d'un réseau général dans lequel entreront ultérieurement les prospections réalisées localement zone par zone (fig. 10). Si l'on doit cartographier avec plus de précisions un secteur, les points retenus lors de l'établissement de ce réseau général seront intégrés dans des plans de sondage plus denses, particuliers à ce secteur. (fig. 11)

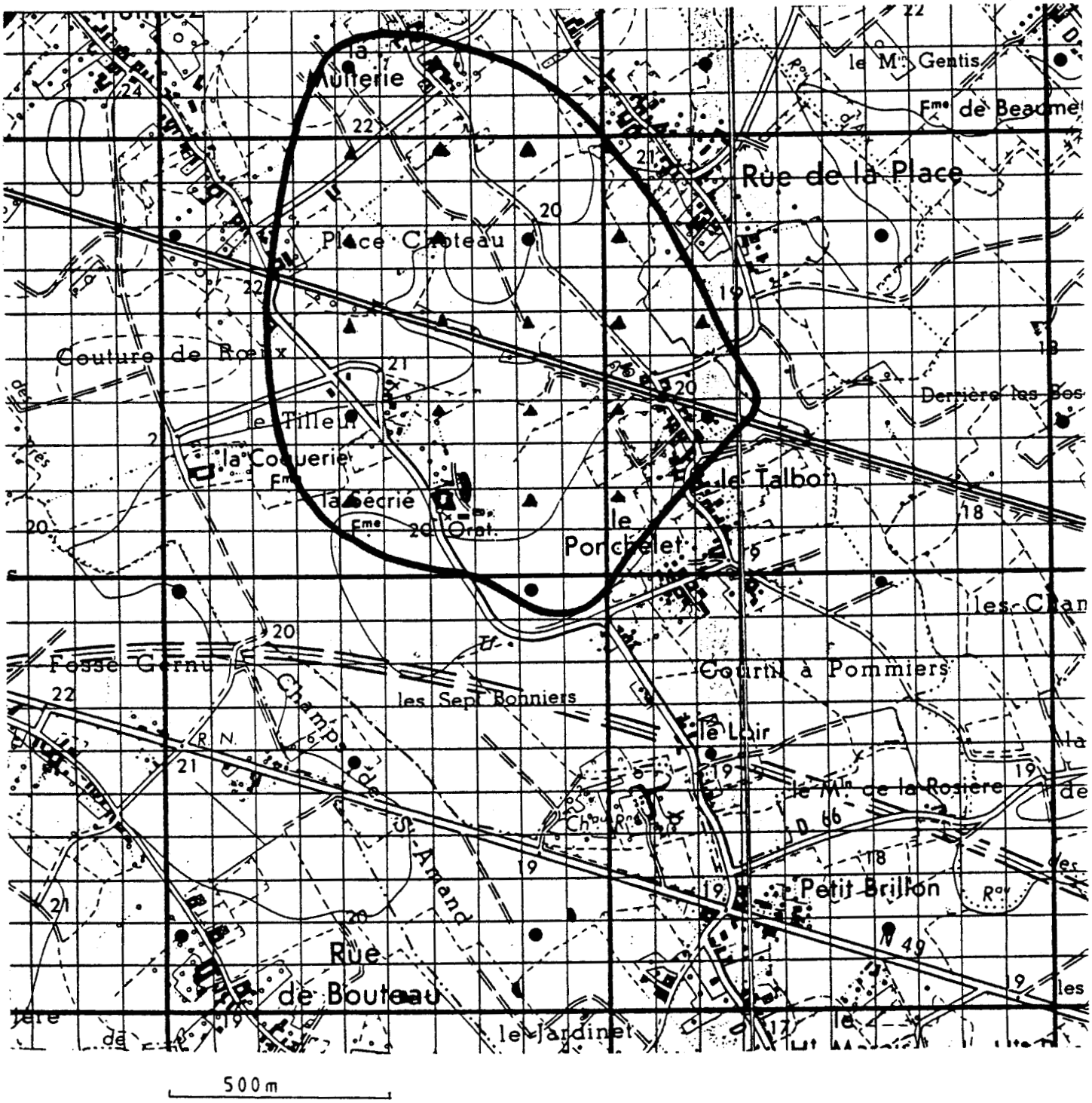
L'intercalation progressive de sondages supplémentaires selon des réseaux successifs permet ainsi de densifier les observations et d'augmenter la précision du document.



● points de sondage pour la prospection à échelle régionale

Fig. 10 : Plan de prospection régional

Plaine de la Scarpe, Nord de la France.



LEGENDE

● .... points de sondages initiaux pour la prospection à échelle régionale

▲ .... intercalation de points de sondage complémentaires pour la prospection à échelle locale

~ .... limite de la zone prospectée à échelle locale

Fig. 11 : Plan de prospection local.

Plaine de la Scarpe, Nord de la France.

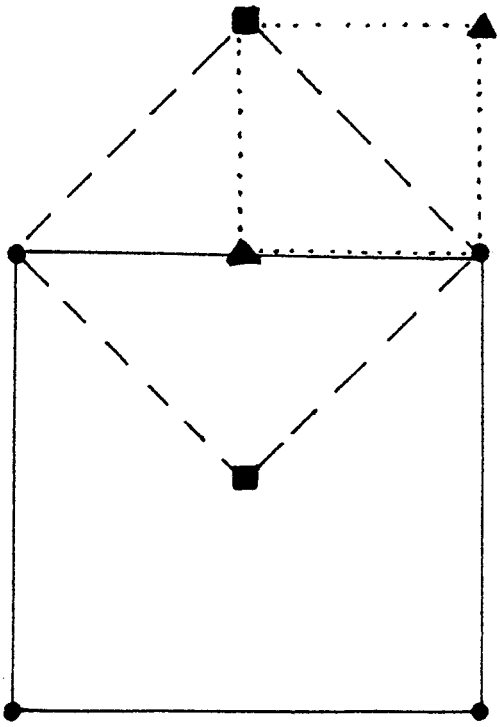
Au fur et à mesure de l'augmentation du nombre de sondages, la distance entre ceux-ci diminue, améliorant ainsi la précision de la carte (fig. 12).

Dans la Région du Nord, les échelles courantes et les densités de sondages correspondant à 1 sondage/cm² de carte, sont les suivantes :

Densité des sondages	Distance entre les sondages	Echelle de levé 1 sond./cm²	Echelle de représentation de la carte
1 sond./32 ha	---> 565 m	---> 1/56 000	---> 1/50 000
1 sond./4 ha	---> 200 m	---> 1/20 000	---> 1/20 000
1 sond./2 ha	---> 141 m	---> 1/14 000	---> 1/15 000
1 sond./1 ha	---> 100 m	---> 1/10 000	---> 1/10 000

Les réseaux emboîtés de sondages ont l'avantage d'être compatibles entre eux et d'être complémentaires dès lors que l'on prévoit un plan d'ensemble. Il suffit pour cela de prévoir pour la région considérée une origine, c'est à dire un carreau hectométrique qui appartienne à tous les réseaux et de respecter à partir de ce carreau origine les équidistances régulières pour chacune des échelles. Pour un nouveau réseau éloigné il est nécessaire de déterminer une nouvelle origine. La distance entre les deux origines est un multiple de l'équidistance de chaque réseau. Elle peut être retrouvée facilement à partir des coordonnées Lambert.

Ce système qui semble un peu lourd à utiliser permet d'assurer la gestion de nombreuses études qui interviennent simultanément ou à des époques différentes sur un même territoire ou des territoires voisins. Il permet d'élaborer des stratégies en ce qui concerne le recueil des données à partir d'un ensemble d'études plus ou moins hétérogènes, mais avec comme défaut le risque de manque d'homogénéité de ces levés sectoriels, effectués par des chargés d'études différents, à des époques parfois éloignées les unes des autres.



LEGENDE

● .... sondages du réseau initial

■ .... sondages intercalaires du premier réseau complémentaire

▲ .... sondages intercalaires du deuxième réseau complémentaire

Fig. 12 : Intercalation progressive des sondages en réseaux successifs

IV - ECHELLE DES CARTES DE SOLS.

Comme ailleurs, dans la Région du Nord de la France, l'échelle des cartes de sol recouvre deux notions: l'échelle réelle de levé qui se rapporte à la densité des observations et d'autre part l'échelle de représentation, qui est celle du fond topographique sur lequel est reportée la carte.

Dans la Région du Nord, la carte est considérée comme étant à l'échelle du levé si une observation correspond à 1 cm² de la carte représentée.

Le choix de l'échelle dans une région déterminée, dépend d'abord de l'objectif de l'étude et de la précision souhaitée; il doit permettre ensuite d'assurer la représentation cohérente des formations superficielles et des unités de sol. L'organisation de la prospection et la densité des points de sondages dépendront de la dimension des unités de sol à repérer, et aussi de la complexité de la couverture pédologique. A ce niveau l'approche est probabiliste, les unités trop petites et trop peu fréquentes pourront n'être pas repérées et non représentées si leur dimension est inférieure à l'intervalle de deux sondages.

Le choix de l'échelle de levé se fera à partir de l'expérience du cartographe qui connait le milieu et sa complexité, et en fonction d'essais de densités différentes, pour chacune des petites régions naturelles. Dans une région particulière, après quelques études ponctuelles, l'expérience permet de déterminer à l'avance la densité nécessaire à la reconnaissance des unités de sol. On choisira ainsi une densité de sondages adaptée à la dimension des unités à reconnaître et à leur complexité. Ceci permettra dans la généralité des cas d'assurer la représentation cohérente des formations superficielles et des sols.

Cependant dans toute cartographie, même si le choix de la densité des observations est judicieux, il existe

toujours un certain nombre de situations où la distribution des sols ne peut être connue qu'à partir d'une densité de sondages plus importante. Pour acquérir une précision adaptée aux cas les plus complexes, l'on peut envisager différentes solutions. La première est de généraliser une densité d'observations importante. Ainsi la Carte des Sols de Belgique et la Carte des Sols de l'Aisne à 1/25 000, ou la couverture de la France à 1/100 000 du S.E.S.C.P.F. sont réalisées avec une densité de 3 à 4 sondages par cm². La densité de 1 observation par cm² de carte est utilisée couramment par d'autres organismes, B.D.P.A., O.R.S.T.O.M.

Une autre solution est de recourir à des densités égales ou même moindre à 1 point d'observation par cm², lorsqu'il y a déjà connaissance du milieu par différentes méthodes permettant l'économie de sondages: observation de la topographie, usage de la photographie aérienne, etc. Ainsi la densité des sondages peut diminuer jusqu'à une densité parfois inférieure à une observation pour 4 cm² de la carte. Citons l'exemple de la carte des sols des Wateringues ou la densité des sondages s'élève à 1 pour 10 ha environ pour une échelle de représentation à 1/25 000, soit une densité de 0,625 sondages/cm² de la carte (SERVANT, 1973).

D'autres approches recherchent une grande exactitude des limites entre les différentes unités (DUCHAUFOUR, 1970). Elles nécessitent soit un grand nombre de sondages, soit le repérage de ces limites à partir d'éléments connus du paysage.

Dans la Région du Nord, la densité choisie permet généralement de faire coïncider échelle du levé et échelle de représentation; sinon quand cela est nécessaire on signale le changement d'échelle. La densité usuelle est de 1 sondage par cm² de la carte. Les échelles les plus courantes sont: échelle régionale à 1/50 000 pour la planification, échelle locale à 1/20 000 pour l'aménagement. Dans les secteurs complexes où l'interprétation des données met en évidence un manque de

sondages, l'on intercalera les sondages nécessaires à la bonne représentation des formations superficielles et des sols, et à la mise en évidence des rapports existant entre eux.

V - MODE DE DESCRIPTION DES SOLS.

Le sol fait l'objet d'études, il est donc décrit par des spécialistes appartenant à des disciplines variées: pédologie, agronomie, géologie, biologie, mécanique des sols, etc. Chaque discipline utilise souvent des critères et une terminologie propre, d'où une certaine difficulté de compréhension réciproque.

Chez les géologues la partie supérieure des sédiments, englobant le solum, est décrite très brièvement en tant que matériaux avec des appellations, dans nos régions du type: très limoneuse, de limon ou de loess etc.

Chez les géomorphologues, le sol est considéré en tant que dépôt et prend une importance plus grande. Il fait l'objet d'une analyse détaillée avec le relevé de certains caractères pédogénétiques appréciables.

Les agronomes et les agrologues distinguent essentiellement le sol et le sous sol, et s'intéressent surtout au profil cultural (HENIN *et al.*, 1969, MANICHON, 1982 a et b).

Les géotechniciens s'intéressent à la nature du matériau et à ses caractéristiques mécaniques.

Chez les pédologues, la description porte sur la nature et la superposition d'horizons. Une interprétation est faite quant au rapport du sol et de la plante, quant à l'économie en eau du sol, quant à la pédogénèse.

Ainsi, chaque discipline ne couvre pas tous les aspects du milieu incluant le sol, mais toutes sont complémentaires.

Chaque discipline a mis au point un système de

conventions permettant de relever les caractères du sol, tels qu'ils sont perçus selon les préoccupations et la formation de chacun.

Les géologues, lors de la réalisation de sondages géologiques, établissent des coupes de sondages dont la description reprend les appellations en matière de faciès, de chronologie et de caractères déjà reconnus. Le cadre général est déjà fixé par les études chronologiques approfondies, et les stratotypes. Le log (1) de sondage est un simple dessin, dont la légende permet de rendre compte du contenu de la coupe de sondage.

Les géomorphologues adoptent un système similaire pour les descriptions de coupes de sondages; par contre les formes de paysages sont reproduites sur cartes à partir de conventions précises de dessin pour chaque élément.

Les pédologues ont adopté successivement plusieurs méthodes de notation. Il s'agit lors des levés, de la notation directe des sondages sur un fond, (carte ou photographie aérienne) à l'aide d'abréviations conventionnelles rappelant la texture, l'hydromorphie etc. (fig. 13), et permettant de rapporter ces observations à divers profils décrits soigneusement à partir d'une fosse pédologique. Cette méthode a été réalisée dans la Plaine maritime des Wateringues (SERVANT, 1973) ou encore pour certaines phases d'élaboration de la carte de l'Aisne. Pour les sondages ont aussi été adoptés des carnets de terrain où un log était dessiné et où une notation en conventionnelle reprenait de façon plus exhaustive les caractères observés.

Sur les fosses, les horizons du sol sont décrits (JAMAGNE *et al*, 1967). Les analyses et les mesures permettent d'une part de préciser le développement génétique ou un processus pédogénétique pris en compte dans la classification des sols adoptée par chaque pays (USA, Belgique, France, etc.)

(1) Log: représentation d'un sondage ou d'un profil dessiné verticalement sous forme de colonne.

Exemple de notation: ✕ : emplacement du point de sondage
BD146: numéro du sondage
L : limoneux a: faiblement argileux
A : argileux l: faiblement limoneux
S : sableux

Fig. 13 : Notation des relevés à l'aide d'abréviations sur photographie aérienne. Plaine maritime des Wateringues, Nord de la France. (d'après J.SERVANT, 1973)

ou organismes nationaux ou internationaux (F.A.O., O.R.S.T.O.M., etc.) (LOZET *et al*, 1986); elles permettent également d'étudier le sol dans le paysage *"sans le dissocier des autres éléments du milieu"* (JAMAGNE *et al*, 1989)

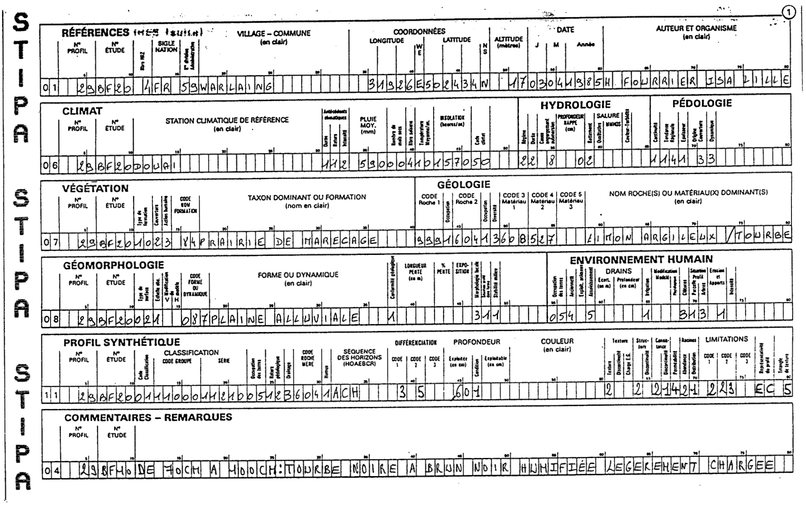
Actuellement le système de notation S.T.I.P.A. (BERTRAND *et al*, 1979, 1984) prend de plus en plus d'extension; il utilise un système de fiches dont le format prévoit l'ensemble des caractères du sol intéressant le pédologue. Ce système très complet reprend également les éléments concernant le climat, la végétation, la géologie, la géomorphologie etc.

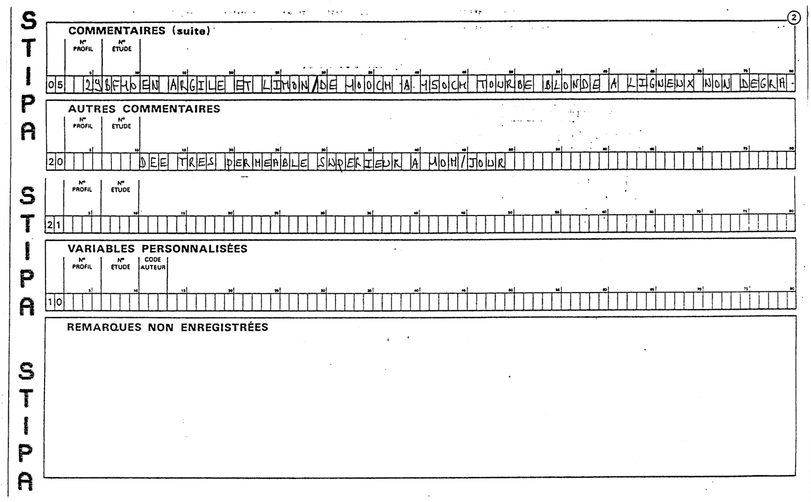
La figure 14 présente le levé d'un profil sur une fiche S.T.I.P.A. Notons que cette fiche donnée à titre d'exemple peut être aujourd'hui remplacée par une prise de données directe au champ sur micro ordinateur.

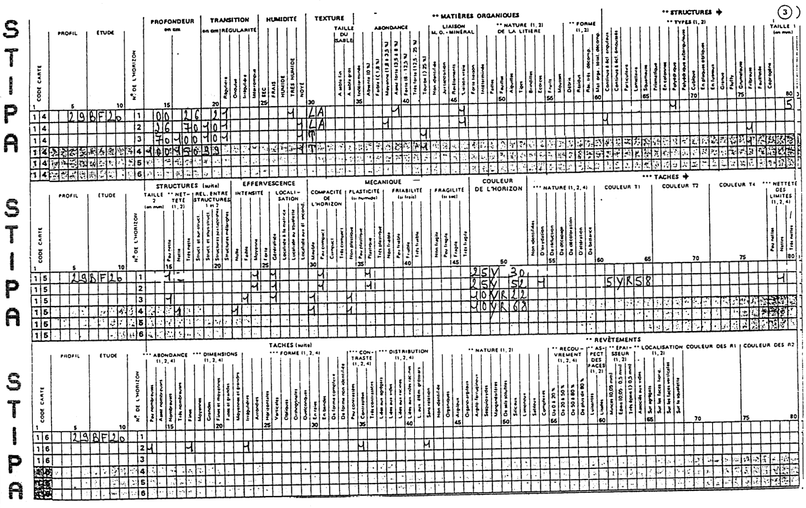
Ce système est évolutif dans la combinaison des caractères recensés. Ceux-ci sont définis par classes: Exemple, les classes de textures qui sont déterminées suivant un triangle de texture (fig. 15), ou les classes de structures etc.. Ces classes font l'objet d'une terminologie précise. Il peut être utilisé pour toute observation par fosses ou sondages.

VI - METHODE DE DESCRIPTION DU SOL DANS LA REGION NORD.

Dans la Région Nord a été adopté un système spécifique de description des sondages et profils. Il s'agit d'une représentation codifiée des caractères des sols, sans définitions de classes ou de dénominations des sols. Les caractères sont transcrits sur des fiches et sont représentés sous forme de symboles dont l'assemblage forme un dessin. Dans le cas d'un profil sur fosse, l'on pourra également noter en marge les différentes limites d'horizons visibles sur le







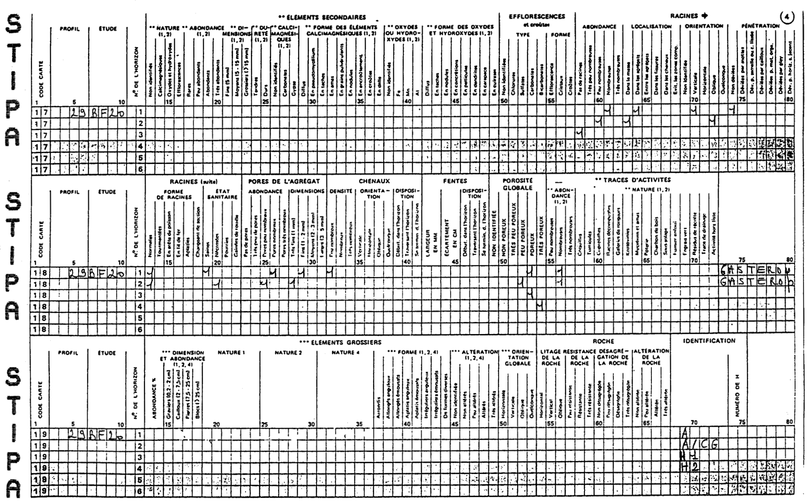
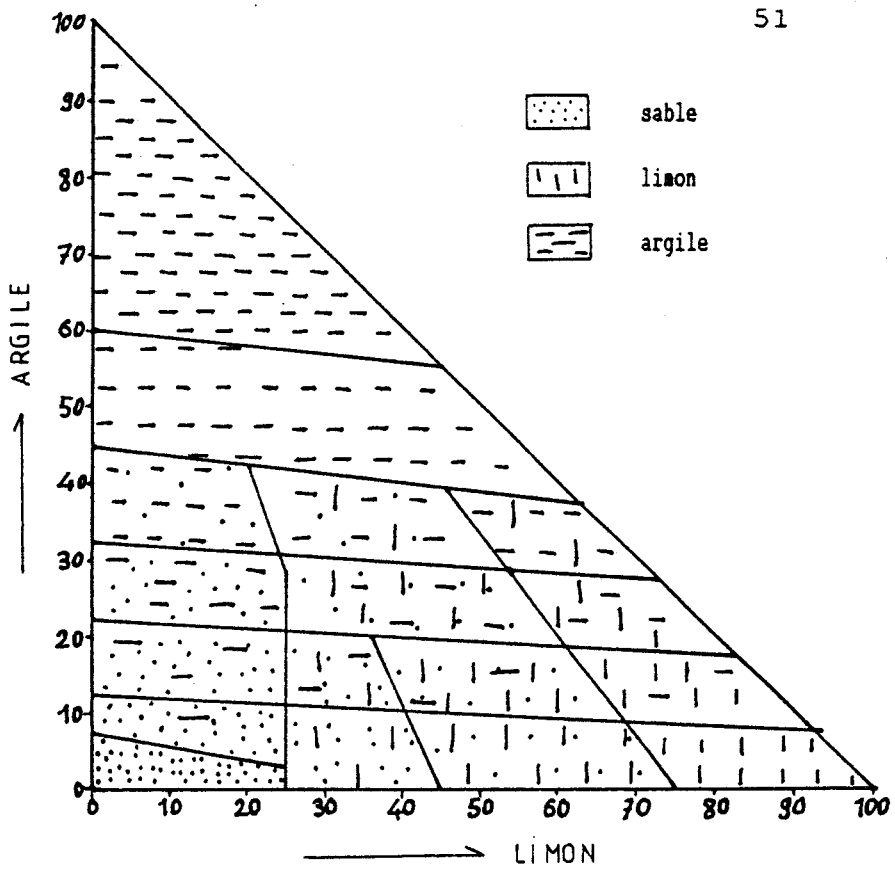
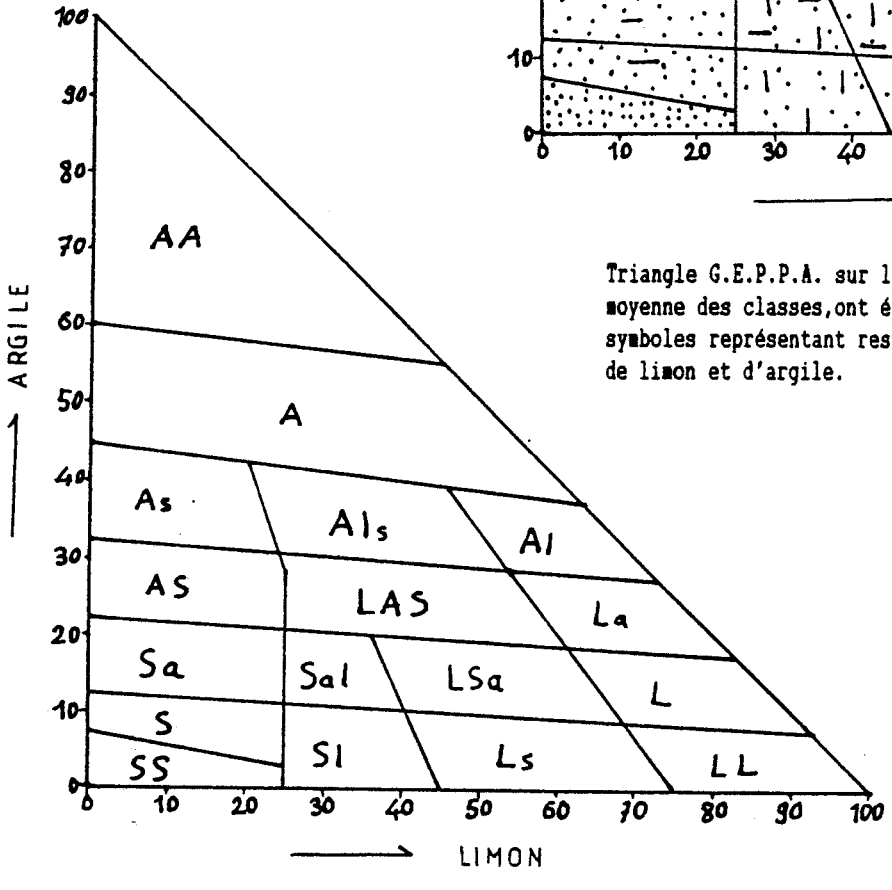


Fig. 14: Exemple de fiche S.T.I.P.A

Marquenterre. Nord de la France.



Triangle G.E.P.P.A. sur lequel les dénominations de la texture moyenne des classes, ont été remplacées par l'association de symboles représentant respectivement le pourcentage de sable, de limon et d'argile.



Le triangle de texture G.E.P.P.A. définit 17 classes de texture.

LL: limon pur
L: limon
La: limon argileux
LS: limon sableux
LSa: limoneux
LAS: limono-argileux
SS: sable
Sl: sable limoneux
S: sableux ,

Sa: sablo-argileux
Sal: sablo-limoneux
Sl: sable limoneux
AA: argile lourde
A: argile
As: argilo-sableux
Al: argile limoneuse
As: argilo-sableux
Als: argilo-limoneux

Fig. 15 : Triangle de texture G.E.P.P.A. (1963)

profil. Dans le cas d'un sondage, la visualisation des horizons n'a lieu qu'en raison des variations de caractères, observées sur les carottes successives.

Cette méthode a été adoptée en raison de la nature des sols. Il s'agit de sols de plaine, avec des dépôts imbriqués les uns dans les autres et dont les critères d'approche géographique tels que la topographie sont parfois inexistants.

Il en est souvent de même dans les régions de collines où la couverture régulière des loess présente une apparente uniformité. Ces situations nécessitent souvent une approche stratigraphique des dépôts, permettant de retrouver d'abord la structure des dépôts, et ensuite une approche pédologique. Les relevés du sol se présentant sous forme d'un dessin, ou log de sondage, sont pratiques pour effectuer une analyse, au départ, de type litho stratigraphique.

Les études de sols ont deux finalités complémentaires: la recherche des lois de répartition des sols à partir de clefs de distribution, variables selon les différentes petites régions, et l'interprétation de ces données en terme d'application technique.

Dans la pratique les deux démarches peuvent se confondre, dans la mesure où le chargé d'étude prenant en compte un problème appliqué, se trouve confronté à un cas nouveau ou inattendu pour lui de comportement du sol, ou encore de disposition des dépôts des formations superficielles sur lesquelles sont formés les sols.

Les études du mode de distribution spatiale des sols sont utiles pour les chargés d'étude (10 à 15 personnes). Les études appliquées servent le plus souvent à des utilisateurs (100 personnes) maîtres d'ouvrage, maîtres d'oeuvre, bureau d'études, décideurs, pour lesquels la transcription des données de sondage sous forme de log ou de coupe, reprenant de façon simplifiée les éléments du sol qui leur sont utiles, constitue

une forme facile de lecture et d'appréhension des caractéristiques du sol. Ces logs ou coupes figurent dans chaque rapport d'étude. Le transfert des connaissances vers l'utilisateur sera ainsi simplifié.

Les études ainsi réalisées concernent de nombreuses applications: drainage agricole, étude géotechnique des berges de canaux, érosion, assainissement autonome, etc.. Les caractères relevés lors des sondages, et plus rarement des fosses, sont indiqués ci-après.

1/ Les variables pédologiques.

Les caractères relevés sont répertoriés en trois groupes, dessinés séparément sur trois groupes, pour des raisons d'apparentement de caractères, pour éviter le recouvrement sur le dessin de symboles qui ainsi se confondraient. Il s'agit donc plus d'un choix pratique que d'une approche théorique de la question.

* le premier groupe comprend la plupart des éléments biologiques et la structure du sol. Il s'agit de la matière organique, sous différentes formes et différentes teneurs, de la présence d'éléments vivants ou de leurs restes: les traces de matières organiques, les racines, les animaux du sol et les traces qu'ils y laissent. La structure est également relevée dans le cas où elle peut être observée (fosses): polyédrique, prismatique, etc.

* le deuxième groupe comprend essentiellement la texture (fig. 15 p. 51) du sol et la description d'autres matériaux participant au squelette du sol: la charge en graviers et en cailloux (> 2 mm) les coquillages, les matériaux tourbeux s'ils constituent une formation et pas seulement la simple imprégnation d'un autre matériau. Sont décrites également les

concrétions ayant une consistance bien nette, citons l'exemple des concrétions de fer-manganèse ou de calcaire (poupées du loess), etc.

* Le troisième groupe reprend essentiellement les colorations autres que celles déterminées par la matière organique. Elles caractérisent le matériau originel, ou résultent de la pédogénèse ou de la diagénèse (1) L'hydromorphie caractérisée par des marbrures, des panachures et des taches, est reprise dans ce troisième groupe.

Les colorations sont notées suivant un système simplifié. L'observation des couleurs n'a pas toujours été réalisée (essentiellement dans les débuts d'utilisation de la méthode) suivant une échelle des couleurs donnant une indication précise des teintes. Il s'agit donc, dans un certain nombre de cas, d'une estimation de la couleur, mais qui peut être étalonnée à partir de la charte des couleurs ou code Munsell. Ainsi sont indiquées sur les fiches, les colorations suivantes: gris beige, jaune, orange, orange à rouge, rouge vif. Ces dénominations utilisées par les pédologues de la Région du Nord sont des termes locaux qui correspondent par exemple aux teintes suivantes du code Munsell:

Dénomination locale Région Nord	Dénomination Munsell	Code Munsell
gris beige	light gray	2,5 Y 7/2
jaune	yellow	10 YR 7/8
orange à rouge	reddish	7,5 YR 6/6
rouge	red	2,5 YR 5/8
rouge vif	red	7,5 R 4/8

(1) Cf note p. 20

D'autres couleurs sont mentionnées telles que le gris, le bleu, l'olive, le blanc ou le blanc crème, le rosé. Sont également indiquées les décolorations, les taches suivant leurs formes (nuages, filaments, etc.), ainsi que l'intensité forte ou faible, déterminant un contraste plus ou moins important avec la matrice. Certains phénomènes de concrétionnement existant à l'état de petites traces ponctuelles, mais ne donnant pas lieu à l'existence de corps indurés sont notés dans ce groupe. Citons l'exemple de traces de fer-manganèse formant des points noirs dans les coupes de sol.

On remarque que le vocabulaire utilisé pour désigner les éléments morphologiques du sol, ne constitue pas à proprement parler une terminologie précise, mais un langage utilisé localement. Ces dénominations peuvent différer par exemple de la terminologie S.T.I.P.A., dans la mesure où le système développé dans la Région du Nord est une démarche plus ancienne. Il convient toutefois de ne pas surestimer le problème, dans la mesure où le système de notation repose essentiellement sur le dessin et non sur une terminologie. Par ailleurs, dès que l'on désire être très précis, en fonction de la demande, les résultats d'études sont présentés en adoptant les terminologies existantes et notamment celle du S.T.I.P.A.

2/ La notation des caractères.

La figure 16 nous donne la légende simplifiée des symboles. Cette liste simplifiée montre le principe de la notation.

La figure 17 présente un exemple de profil réalisé par la méthode utilisée dans la Région Nord, avec en parallèle une description classique de profil pédologique sous forme de commentaire, telle qu'elle pourrait être réalisée à partir d'autre modes de notation, comme celle du fichier S.T.I.P.A.,

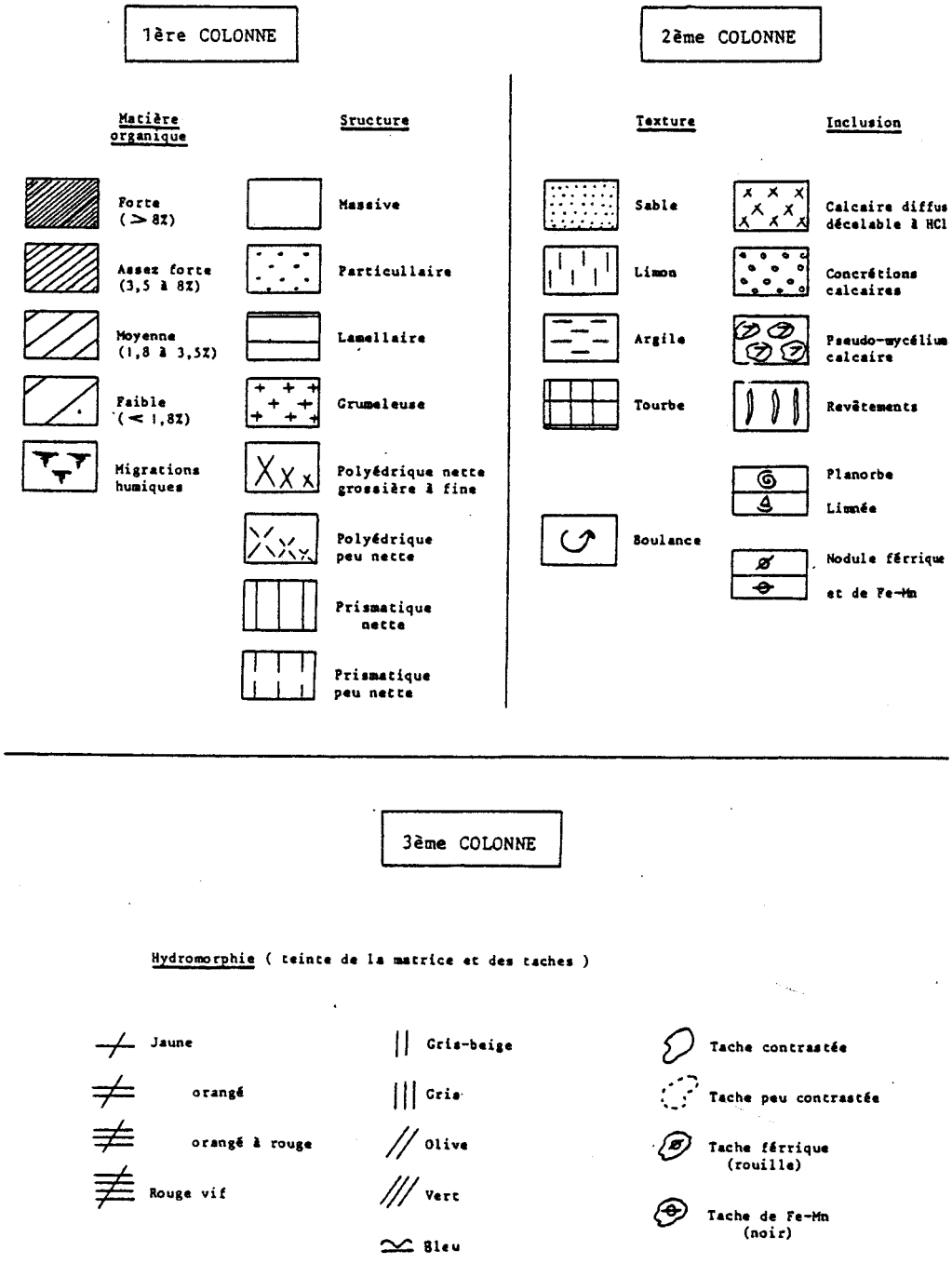


Fig. 16 : Exemple de légende simplifiée de profil et adaptée au contexte du secteur de référence drainage de la Scarpe, Nord de la France

(d'après BILLIONNET J.M. et al, 1986)

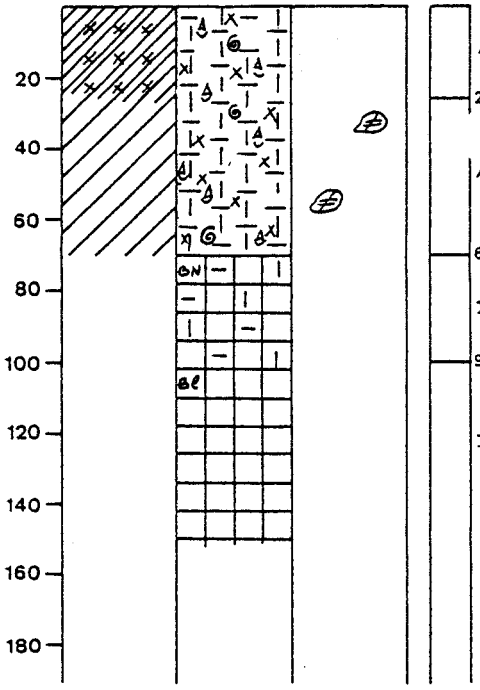
Limon argileux gris très foncé sur limon argileux à argile limoneuse gris clair vers 0,20 m - 0,25 m. Tourbe humifiée, noire à brun noir vers 0,80 m, plus ou moins chargée en particules argileuses et limoneuses (présence locale de tourbe brune à blonde non dégradée).
(sol alluvial organique, calcimorphe, à gley entre 0,80 m et 1 m de profondeur).

Situation : Plaine alluviale - Altitude inférieure à 17 m.

Occupation des sols : Prairies.

Profils du secteur de référence concernés : n° 29 - 30 (analysés).

Description du profil n° 29 (X = 391,5 ; Y = 670,1) (21-T8E2-1).



Al — 25-27 — *Limon argileux gris-noir - Teneur assez forte en matière organique - Réaction Hcl moyenne à forte - Structure polyédrique fine - Poreux - Bonne activité racinaire - Nombreuses coquilles de gastéropodes.*

A/Cg — 65-75 — *Limon argileux gris-brun - Quelques petites tâches d'oxydation ocre - Teneur moyenne en matière organique - Réaction Hcl moyenne - Structure continue à éclats anguleux - Peu poreux - Nombreuses coquilles de gastéropodes - Nette diminution de l'activité racinaire à la base de l'horizon.*

IIT1 — 95-105 — *Tourbe noire à brun noir, humifiée, légèrement chargée en argile et en limon - Réaction Hcl faible - Structure fibreuse peu nette.*

IIT2 — *Tourbe blonde à ligneux non décomposée, à diamètre généralement inférieur à 1 mm - Réaction Hcl nulle - Structure fibreuse nette.*

CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Profondeur en cm	Nature des horizons	Granulométrie % A	LF	Lg	SF	Sg	Refus 2 mm	Mat. Org. %	pH H_2O	pH KCl	C %	N %	C/N	Calcaire total %	Calcaire actif %	En m.e.q/100 g de terre Ca	K	Mg	CEC	P_2O_5 %	Fer Libre %	Fer Total %	Humid. pF 3
0 - 25	A1	19,8	23,1	31,7	7,8	1,6		3,6	8	7,3	2,1	0,19	11	210		42,9	0,315	0,68	16,9				
25 - 70	A/Cg	24,3	31,2	12,6	2,0	1,8																	
70 - 100	II T1																						
100 - 150	II T2							66	6,9	6,7	38,9	2,9	13,2	33		93,9	0,101	2,81	69,3				

Fig. 17 : Exemple de profil d'une coupe de sol. Secteur de référence drainage de la Scarpe, Nord de la France.

(d'après BILLIONNET J.M. et al, 1986)

dont une fiche est représentée figure 14 p. 50.

Les représentations de chacun des trois groupes s'effectuent sur fiche sur trois colonnes juxtaposées (fig. 16, p. 56 et fig. 17 p. 57). Les choix réalisés en matière de dessin des symboles représentant les caractères, sont dus généralement à un apparentement des caractères, mais aussi à un certain nombre de considérations pratiques rodées par l'usage, et qui visent à éviter toute confusion de lecture par superposition de deux symboles.

Il ne s'agit donc pas d'un modèle de représentation théorique du sol, mais d'une technique pratique permettant de recenser les caractères des formations superficielles et des sols qui s'y sont développés.

Les symboles ont été étudiés par essais successifs. Le premier souci était d'obtenir une représentation figurative des profils; ainsi les sables sont représentés par des points figurant les grains de sable, les argiles sont représentées par des petits tirets horizontaux suggérant les plaquettes d'argile, les racines sont représentées par la lettre λ, indiquant les bifurcations racinaires, les taches de coloration sont représentées par des petits nuages à l'intérieur desquels figure le symbole correspondant à la couleur de la tache.

La deuxième préoccupation dans la recherche des symboles visait la facilité d'écriture en évitant les risques de confusion de symboles, qui se chevauchant, ou mal écrits donneraient lieu à une lecture erronée. Citons l'exemple du choix d'une croix de Saint-André pour indiquer la présence de calcaire diffus plutôt qu'une croix droite qui pourrait provenir du croisement du symbole de l'argile et de celui du limon.

Le troisième concerne l'apparentement ou l'association de caractères: le même symbole pourra figurer dans des colonnes distinctes, il indiquera des caractères différents mais ayant des liens communs. Citons l'exemple des

concrétionnements de fer-manganèse qui seront présents sous forme de concrétions indurées en de simples taches colorées.

3/ L'appréciation des caractères et leur représentation.

L'appréciation des caractères est réalisée directement sur le terrain par le prospecteur. Elle précède de près la représentation sur fiche de description à partir de symboles. Ces deux étapes sont intimement liées. La mauvaise appréciation et l'erreur de représentation peuvent être source de nombreuses difficultés lors des phases d'interprétation ultérieures.

* La matière organique.

Nous utilisons pour représenter la matière organique des indications repères: hachures diagonales dont l'espacement sera inversement proportionnel à la richesse estimée. Nous distinguons ainsi des teneurs très pauvre, pauvre, assez riche ou moyennement riche, riche, très riche, correspondant respectivement aux valeurs suivantes, 0,5% de C, 1%, 2%, 5%, 8%. Les valeurs intermédiaires sont représentées par des écartements intermédiaires des symboles.

D'une façon pratique, si la teneur est importante pour l'application, le chargé d'étude peut mettre en marge des valeurs estimées pour préciser l'indication fournie par le dessin. Lors de l'utilisation des données dans le cadre d'une étude, il est possible d'utiliser les terminologies existantes, telles que les classes proposées par JAMAGNE *et al* (1967).

Signalons que la teneur en carbone d'un sol est difficile à estimer d'après la morphologie du sol, dans la mesure où différents facteurs peuvent faire varier la coloration du sol pour une teneur identique: dispersion de la matière organique, abondance d'autres éléments colorant le sol. L'on se réfère donc à l'analyse, chaque fois que cela est

nécessaire, et la notation indiquée sur les fiches ne sera souvent qu'une estimation assez imprécise de la teneur.

Le système de barres diagonales est le plus souvent utilisé pour indiquer la présence ou la teneur en matière organique. Cependant d'autres symboles plus qualitatifs sont également utilisés pour indiquer les litières, les migrations, etc.

* la structure

Chaque type de structure est représentée par un symbole particulier. La dimension du symbole est proportionnelle à la dimension des éléments structuraux. Les indications données en légende, grossière, moyenne, fine se rapportent aux dimensions moyennes respectives des agrégats indiquées par JAMAGNE *et al* (1967).

Les cas intermédiaires sont indiqués par des symboles de dimensions intermédiaires. Comme pour les matières organiques il n'existe pas, à proprement parler, de classes au niveau du dessin, bien que l'on puisse éventuellement retrouver les classes prévues par JAMAGNE *et al* (1967). Lors des descriptions, l'indication, en marge, de la dimension suivant le système métrique, complète souvent le dessin. L'on donnera ainsi, une, deux ou trois dimensions pour un agrégat, et l'on peut répéter la mesure sur plusieurs agrégats.

* La texture.

La texture est estimée à partir du comportement physique du matériau malaxé entre les doigts. Dans la méthode de levé de la Région du Nord, la représentation de la texture est continue. Elle est dessinée à l'aide de trois symboles différents pour les fractions: argiles, limons et sables, dont la proportion varie en fonction de la teneur en chacun des éléments. Cette proportion est représentée sur un diagramme triangulaire. Pour adopter un langage, et retrouver ainsi un

système de classes il est possible de placer, sur ce triangle, les limites de classes de texture, dans une classification donnée. On figure dans chacune des classes le dessin correspondant à la valeur moyenne de cette classe, et on donne à toutes les textures de cette classe la même dénomination. On obtient ainsi une représentation calquée, par exemple, sur le triangle G.E.P.P.A. avec les dénominations correspondantes (fig. 15 p. 51) qui sont adoptées dans les documents et rapports pour faciliter le dialogues avec les pédologues d'autres régions. Ces valeurs moyennes servent de repère au prospecteur, pour dessiner la texture sur les fiches de sondage. Il a la latitude de dessiner les cas intermédiaires existant entre ces valeurs repères. Il peut donc faire apparaître les variations perçues, intervenant parfois à l'intérieur de classes de texture.

Cette précision peut paraître illusoire, mais ceci, malgré les erreurs d'appréciation et de dessin, met en évidence des variations précisées ensuite à l'aide d'analyses.

Il existe cependant une véritable difficulté pour représenter la texture, ceci pour deux raisons, qui sont, d'une part, la pondération de différents types de symboles associés pour réaliser le dessin, et d'autre part, la densité des symboles. Par routine, cette représentation peut être médiocre et ce défaut s'ajouter aux erreurs d'estimation. Les systèmes de notations codifiées par classes (triangle G.E.P.P.A.), ne présentent pas ce défaut. Par contre, même s'il existe des erreurs de transcription de la texture, les variations fines sont toujours très bien représentées.

* La couleur.

La notation des couleurs comme nous l'avons vu plus haut (p. 54), relève autant de la recherche des contrastes, des variations de couleur, de l'apparition de taches que de la teinte, de la clarté et de l'intensité des couleurs. Cependant

dès qu'il faut se référer de façon précise à la dénomination des couleurs, la charte Munsell est considérée comme l'outil indispensable. Les notations sont donc reprises à partir de ce code des couleurs.

* Les traits pédologiques individualisés.

Les traits pédologiques isolés et individualisés dans le profil ne sont pas dessinés en proportion de leur dimension, mais celle-ci peut être notée en annexe dans la marge. L'objet est représenté par un symbole particulier. Si la dimension est variable ou exceptionnelle, elle sera indiquée en marge suivant le système métrique. On signalera ainsi les coquillages, les concrétions, les cailloux, les galets, etc. La nature de la charge ou des inclusions est définie par un symbole approprié ou précisé en marge.

Il en est de même des taches de couleur dont le dessin peut être réalisé en proportion et densité, et dont la dimension peut être indiquée en marge.

Signalons, toutefois, que la signification des représentations n'est pas la même si le profil est levé à partir d'une fosse ou d'un sondage. Dans le deuxième cas, le symbole permettra le plus souvent de noter l'apparition et non la dimension.

* Les caractères induits.

Il s'agit de caractères souvent non visibles sur le profil, mais repérés à partir de la disposition des autres symboles. Il s'agit, par exemple, des niveaux moyens de nappe en hiver et en été indiqués par l'hydromorphie.

* les caractères non répertoriés.

Certains caractères ne sont pas vus par l'observateur, ou peuvent être vus, mais non notés, ou perdus pour diverses raisons. Les caractères peuvent être absents

accidentellement du profil, surtout si celui-ci est obtenu à partir d'un sondage. Citons l'exemple d'un lit de cailloux légèrement espacés et qui ne sera pas observé sur certains sondages.

* Les caractères accidentels.

Les caractères accidentels, ou qui sont repérés pour la première fois, doivent être notés. Leur répétition sur d'autres profils ou les progrès de la science permettront peut être ultérieurement leur interprétation. Dans la Plaine de la Lys, les taches rosâtres pâles apparaissant au milieu des taches d'hydromorphie, signalent la présence de carbonate de calcium, et non de décoloration comme le laissait supposer les premières observations.

* La profondeur des observations et le substrat.

La profondeur des sondages et fosses est déterminée de la façon suivante: elle est rattachée à la notion de substrat sous les formations superficielles d'une part, et d'autre part, à la profondeur utile du sol.

Le substrat est un matériau différent souvent masqué par une formation de couverture. Il s'agit souvent d'une formation géologique ou d'un faciès différent des matériaux de surface, impliquant une discontinuité lithologique. L'on constate dans la région que les sondages à 1 m ou 1,20 m ne permettent souvent pas d'atteindre le dépôt antérieur sous-jacent: exemple des sables de l'Assise de Dunkerque, dont l'épaisseur dépasse souvent 1,20 m et qui recouvrent, dans la Plaine maritime, la tourbe de surface de l'Assise de Calais; exemple des derniers dépôts de limons souvent supérieurs à 1,20 m. On constate que les discontinuités lithologiques entre les dépôts de surface et celui inférieur sont assez fréquemment atteintes, dès lors que les sondages descendent jusqu'à 1,60 m. Les différences observées entre les dépôts constituent un

repère stratigraphique utile pour l'interprétation cartographique. Cette profondeur n'est toutefois pas suffisante dans de nombreux cas, et pour bien comprendre la structure des dépôts meubles superficiels, des sondages à 3 m de profondeur sont souvent intercalés entre les sondages à 1,60 m, à raison d'un sondage pour 32 ha environ.

Enfin, les applications les plus courantes nécessitent de reconnaître de façon plus occasionnelle jusqu'à 3 m les formations superficielles. Citons 3 exemples:
- le drainage qui demande souvent une profondeur de 1,60 m pour la pose des ouvrages, et de 3 m pour le calcul hydraulique;
- l'épandage souterrain qui nécessite de connaître le drainage naturel et la perméabilité des matériaux jusqu'à une profondeur minimale de 1,60 m;
- la recherche de la réserve en eau utile pour les plantes à enracinement profond.

En réalité les profondeurs de 1,60 m et de 3,00 m sont justifiées comme profondeurs minimales dans de nombreux cas, mais il n'y a aucune raison de se fixer une limite à l'approfondissement du sondage. Le but poursuivi doit être le guide en cette matière.

* Les analyses et le contrôle des estimations.

Le contrôle des estimations faites par le prospecteur est effectué à partir d'analyses telles que celles de la texture, réalisées à partir de coupures granulométriques suivantes:

les argiles (A) granulométriques reprenant les particules inférieures à 2 mμ,

les limons fins (Lf) compris entre 2 mμ et 20 mμ,

les limons grossiers (LG) compris entre 20 mμ et 50 mμ,

les sables fins (Sf) compris entre 50 mμ et 200 mμ,

les sables grossiers (SG) compris entre 200 et 2000 mμ,

les éléments grossiers sont supérieurs à 2000 mμ ou 2mm.

Les analyses de laboratoire reprennent couramment ces coupures et permettent de mesurer les quantités pondérales d'argile, de limon (limon fin et grossier), de sable (sable fin et grossier).

Les analyses granulométriques sont réalisées le plus souvent par le laboratoire de l'I.N.R.A. à Arras et celui du C.E.E.A. à Radinghem. La méthode courante est celle de la pipette Robinson, la dispersion est assurée à l'aide d'une solution d'hexamétaphosphate de sodium.

Ces analyses réalisées épisodiquement permettent au prospecteur de contrôler l'estimation des textures et éventuellement de corriger les erreurs manifestes.

Cet étalonnage est nécessaire pour les prospections courantes par sondage. Dans le cas de profils réalisés sur fosse en vue d'obtenir des descriptions précises des sols, les analyses réalisées systématiquement deviendront souvent le moyen courant de mesure et non plus un moyen d'étalonnage.

Toutefois il est nécessaire d'examiner de façon critique les analyses, en fonction des connaissances que l'on a des sols: références analytiques, estimations réalisées par les prospecteurs. Outre les erreurs et la dispersion des résultats inhérents aux laboratoires, les modes d'analyses ne sont pas toujours adaptés à certains types de sols. Citons l'exemple des difficultés d'analyses granulométriques en sol semi tourbeux, où une partie des matières organiques risque d'être confondue avec les argiles. Il sera donc prudent d'effectuer des répétitions d'analyses ou des groupes d'analyses, et de confronter leurs résultats avec les estimations provenant de l'observation des sondages.

D'autres analyses sont couramment réalisées en laboratoire: carbone (méthode Anne), pH, N,P,K, $CaCO_3$, CaO, etc.. A ceci s'ajoutent des mesures de densité, de porosité, de conductivité hydraulique, qui seront rapportées à des formations et des situations reconnues lors des prospections.

* Les corrections.

La correction est une notion qui se rattache aux notions précédentes sur les caractères induits, les caractères non répertoriés, les caractères accidentels, les analyses.

Dès lors que dans une série de sondages apparaissent les mêmes successions de caractères ou de situations, un caractère absent dans un sondage pourra être considéré d'emblée comme présent dans certaines interprétations, ou vérifié par répétition du sondage. Toutefois la fiche initiale ne devra pas être corrigée au niveau du fichier, mais seulement annotée.

Cette notion de correction est nécessaire, car un sondage seul n'est pas considéré comme significatif. Dans les reconnaissances de sols, si la surface à prospecter est très petite, le sondage devra être au minimum doublé.

Les analyses constituent un autre mode de vérification et de pondération des données provenant des sondages. D'autres modes de correction peuvent intervenir dès lors que l'on utilise un grand nombre de sondages, ou que l'on traite de surfaces importantes, qui demandent parfois d'éliminer certaines données trop aléatoires ou trop rares.

* Les problèmes des limites d'horizons ou de niveaux sédimentaires.

La lecture des fiches ne soulève pas de problèmes en ce qui concerne la distinction des niveaux et horizons pour les cartographes utilisant couramment ce type de documents. Par contre, il existe une réelle difficulté de lecture pour les personnes étrangères à la méthode, et qui voudraient en utiliser les résultats. Cette difficulté est inhérente au fait que les limites d'horizons et de niveaux ne sont pas explicitement représentées, mais déduites de la disposition des autres caractères représentés sur la fiche.

Pour pallier cette difficulté, nous pouvons faire la proposition d'ajouter en marge de la fiche une quatrième

colonne sur laquelle nous figurerions de façon explicite, à l'aide de symboles appropriés, les limites (limite nette, limite progressive, etc.)

De même, il serait possible d'ajouter entre ces limites, de façon simplifiée, l'estimation que fait le prospecteur de la texture des matériaux appartenant à chaque niveau ou horizon repéré. Dans ce cas, l'adoption d'un langage est nécessaire, et les dénominations pourraient être celles figurant sur les classes du triangle G.E.P.P.A., système de représentation de la texture le plus communément utilisé. Cette pratique pourrait être admise pour des commodités de lecture et de langage. Cette notation synthétique des textures doit être impérativement réalisée a posteriori, afin de ne pas interférer avec la notation analytique. Cette démarche faciliterait le travail de lecture et d'interprétation des fiches pour les lecteurs non familiarisés avec la méthode.

DISCUSSION ET CONCLUSION.

Le système de description des sols utilisé dans la Région du Nord est analytique dans la mesure où chaque caractère observé est représenté par un symbole. Il convient de considérer ces symboles comme les lettres d'un alphabet qui peuvent être combinées à l'infini pour former des mots (fig 17 p 57).

Ce système est également visuel dans la mesure ou l'ensemble des caractères se rapportant à un même profil forme une représentation assimilable à un dessin (fig 17 p. 57).

Ce système se prête mal à rendre compte du développement de profil des sols ou de la stratigraphie des dépôts, mais signale simplement la juxtaposition des caractères mettant en évidence la présence de processus sol ou de dépôts.

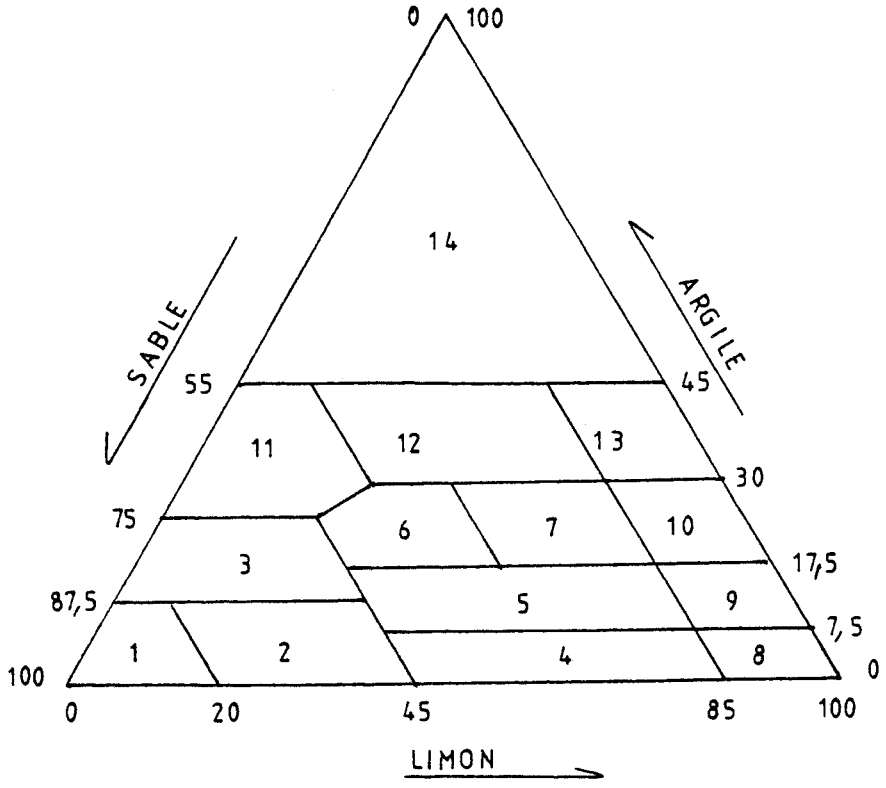
A ce stade de la réflexion ce système est relativement limité dans la mesure où il n'apporte qu'une image

parfois incomplète du profil sol. Cependant, dans son principe, ce système de notation reste simple dans la mesure où les notations élémentaires sont peu nombreuses et peuvent être assimilées facilement. Les combinaisons possibles de notations peuvent se multiplier permettant ainsi de rendre compte d'un grand nombre de situations. Il est facile à l'observateur de noter une simple variation de caractère. Il lui est plus difficile de classer le sol d'emblée.

Le nombre des combinaisons n'étant pas prévu, la description ne s'arrête pas à un nombre déterminé de catégories, et peut rendre compte de nuances intermédiaires. Il est ainsi possible de s'adapter à différents systèmes de cartographie ou de langage concernant les sols et leurs caractères. On constate que les caractères des sols d'une région ne correspondent pas à ceux d'une autre région. C'est ainsi que les triangles de texture diffèrent d'une zone à une autre, ou suivant l'orientation des travaux de recherche (fig 18). LOZET *et al* (1986) indiquent que ces triangles *"n'ont le plus souvent qu'une valeur régionale"*. En effet, ils sont élaborés à partir des analyses d'une région définie, d'autant mieux adaptées à des études préalables, à des aménagements, ou des améliorations foncières. Cependant les chercheurs ont besoin de systèmes de référence plus généraux, souvent simplifiés, permettant des comparaisons à grande distance, de région à région. L'absence de transcription systématique en de tels systèmes, constitue actuellement une lacune qu'il convient de combler.

La méthode permet de répondre à diverses questions par synthèses sélectives sans devoir obligatoirement utiliser l'une ou l'autre approche pédogénétique ou géomorphologique ou autre. La synthèse des données des profils sera directement orientée vers la question posée.

Ce dispositif présente une large ouverture vers la



I - Diagramme de textures (Jamagne 1967) comprenant 14 classes.

1 . Sable (S)
2 . Sable limoneux (SL)
3 . Sable argileux (SA)
4 . Limon léger sableux (LLS)
5 . Limon moyen sableux (LMS)
6 . Limon sablo-argileux (LSA)
7 . Limon argilo-sableux (LAS)
8 . Limon léger (LL)
9 . Limon moyen (LM)
10. Limon argileux (LA)
11. Argile sableuse (AS)
12. Argile
13. Argile limoneuse (AL)
14. Argile lourde (ALO)

II - Diagramme de textures (U.S.D.A.) comprenant 13 classes.

A : Argile
Al : Argile limoneuse
Laf: Limon argileux fin
La : Limon argileux
As : Argile sableuse
Las: Limon argilo-sableux
L : Limon
Ls : Limon sableux
Lf : Limon fin
Lfa: Limon fin argileux
Ltf: Limon très fin
Sl : Sable limoneux
S : Sable

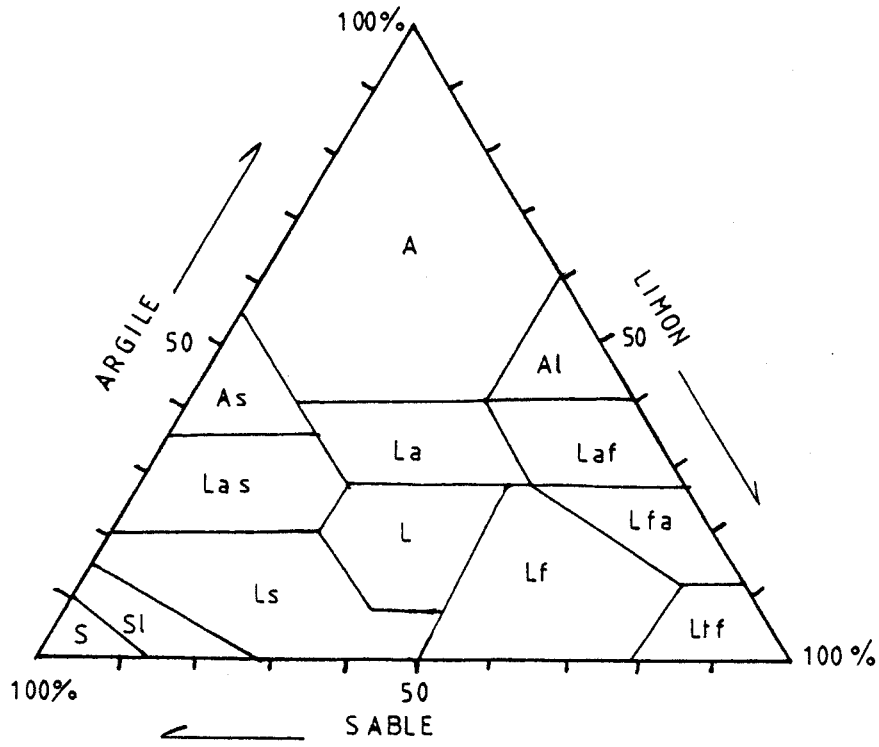


Fig. 18: Diagramme des textures

selon JAMAGNE et al et United States Department of Agriculture (U.S.D.A.)

recherche des critères de classement des sols, et ceci à l'aide des outils des différentes disciplines: il permet une analyse de la qualité des données fournies par l'observateur et l'usage de différentes méthodes d' étalonnage des données. L'expression des résultats et la synthèse se fera toujours au vu de l'examen des caractères bruts observés.

Ce dispositif de description du sol n'est pas complet en lui-même, notamment au niveau des terminologies et langages. Il permet surtout la notation et la gestion des observations de caractères, et il trouve son prolongement dans les différents systèmes élaborés concernant les formations superficielles ou les sols.

CHAPITRE III

LES DIFFERENTES FORMES D'EXPRESSION ET DE RESTITUTION DES DONNEES PEDOGEOLOGIQUES: CARTES ET FICHIERS

Les données ponctuelles, acquises par sondages ou profils sur fosses sont interprétées, synthétisées et traduites sous formes de documents de synthèse tels que rapports, coupes et cartes. Ces dernières représentent les terrains dans l'espace, de manière différente, selon qu'il s'agit de documents géologiques, géomorphologiques, ou pédologiques. Ces cartes sont à adapter aux différents aménagements, ou usages des sols, prévus sur un territoire donné. Nous étudierons, principalement, l'intérêt et l'utilisation des cartes pédologiques ou des cartes des caractéristiques des sols ainsi mises en place dans la Région Nord. Nous présenterons également l'usage possible des fichiers de sols ou banques de données, pour une gestion raisonnée de l'espace.

I - LES DIFFERENTES SYNTHESES CARTOGRAPHIQUES.

Les formations superficielles et le sol peuvent être représentés sur divers documents cartographiques.

- Les cartes géologiques sont des cartes chronostratigraphiques, montrant l'affleurement des étages et sous-étages, dont les faciès ont été reconnus lors de descriptions d'affleurements caractéristiques. Dans la Région du Nord la couverture limoneuse quaternaire qui masque les autres formations est systématiquement sous représentée.

- Les cartes géomorphologiques rendent compte à la fois de la nature des matériaux des formes et des éléments de relief, ainsi que des processus et des systèmes d'érosion.

- Les cartes pédologiques au sens strict rendent compte de la nature et de la distribution des sols en prenant en compte soit des critères pédogénétiques soit des critères morphologiques.

Les représentations cartographiques sont différentes selon qu'il s'agit de cartes à petite échelle (1/1 000 000, 1/250 000), à moyenne échelle (1/100 000, 1/50 000, 1/25 000), ou à grande échelle (1/10 000, 1/2000)

Dans la classification des sols, on distingue les unités supérieures correspondant aux processus d'évolution (classes, sous classes, groupes). Ces catégories correspondent aux cartes à petite échelle. Ensuite viennent les familles de sols. Les unités taxonomiques inférieures sont la série et la phase. La série de sol est le regroupement de sols développés à partir d'un même matériau originel présentant le même type de profil, et situés dans une même position topographique. Les séries de sols sont représentées dans les cartes à grande échelle.

- Les cartes des sols ou des formations superficielles du Nord de la France ne privilégient aucun système d'expression. Elles rendent compte de certains caractères suivant l'objectif demandé, en fonction de l'approche la plus rapide: cartes d'humidité, cartes de drainage, cartes des dépôts, carte des matériaux utiles, etc. Les observations recueillies lors des prospections peuvent aussi s'intégrer dans divers systèmes de cartographie, pédologique, géologique, ou géomorphologique.

II - LES TRAVAUX CARTOGRAPHIQUES REALISES DANS LE NORD DE LA FRANCE ET DANS LES REGIONS OU PAYS VOISINS.

Les cartes réalisées dans le Nord et les régions voisines, en vue d'une utilisation raisonnée du milieu, se rapportent soit aux sols, soit aux formations superficielles: il s'agit de la carte des sols de l'Aisne, de la carte des sols de Belgique, de la carte des formations superficielles effectuée par le Centre Universitaire de Caen, de la carte géologique des formations superficielles élaborée par le B.R.G.M. et de la carte des sols des Wateringues réalisée par l'I.N.R.A. Voyons comment ces documents concourent à une aide à la décision d'aménagement.

La carte des sols de l'Aisne.

La carte des sols de l'Aisne constitue une présentation analytique des sols (JAMAGNE *et al* , 1967). Elle fait ainsi ressortir plusieurs points:

* la texture du matériau, qui est indiquée par tranche de 0,20 m en fonction des couches ou des horizons, jusqu'à 1,20 m,
* les caractères liés au volume de terre utilisable par les racines, ce volume pouvant être limité par un substrat situé à moins de 1,20 m, ou une charge en éléments grossiers (estimée pour les 40 premiers centimètres),

* l'hydromorphie, indiquant la présence de nappes d'engorgements temporaires ou de nappes dans le sol, entre 0 et 1,20 m,
* certains caractères géochimiques comme la teneur en carbonate fin pour les 40 premiers centimètres,
* les réserves en eau utile sont déduites de la nature du matériau et de son épaisseur.

Il s'agit donc d'une carte des caractéristiques des sols où sont représentés à la fois les matériaux des formations superficielles et certains caractères d'évolution se rapportant aux sols. Cependant, le souci de reconnaître au travers des variations du milieu des évolutions ou des caractères de sol favorise la reconnaissance d'une succession d'horizons et oriente naturellement les cartographes vers ce type d'interprétation. La carte a l'avantage de bien montrer les caractères des sols.

La carte des sols de Belgique.

La carte des sols de Belgique (TAVERNIER *et al* , 1958) est levée sur plan cadastral à 1/5 000, avec réalisation de sondages en damier ou réseau espacés de 75 m, soit environ 2 sondages par hectare. La carte est éditée à l'échelle de 1/20 000, soit 8 sondages par cm^2 de carte. Les sondages sont réalisés à la tarière jusqu'à 1,25 m de profondeur. Le sigle représentant le type de sol est inscrit à côté de chaque point, il comporte des chiffres et des lettres définissant la série ou la phase de sol et explicitant: texture, classe de drainage, développement de profil, substrat, profondeur des horizons, type d'humus, nature de la charge, etc. Des profils sur fosses sont faits pour chaque série ou phase, avec une description détaillée, en particulier, de la structure et de la couleur. Les échantillons sont analysés au laboratoire. C'est une carte de séries de sol. Elle montre la superposition des matériaux et le développement de profil génétique reposant sur une roche

mère. Cette carte se rapproche assez largement de la carte des sols du département de l'Aisne dont elle fut le modèle.

La carte des sols des Wateringues.

La carte des sols des Wateringues, réalisée par l'I.N.R.A. Montpellier en 1973, présente une superposition de deux niveaux de matériaux, reposant eux-mêmes sur une couche de base vers 80 cm et considérée comme un substrat. Elle présente également les caractères d'évolution qui s'y sont développés: matière organique, $CaCO_3$, enracinement, hydromorphie. C'est également une carte de séries de sol. La densité des sondages était d'environ 1 sondage pour 10 ha. Le document initial a été édité à l'échelle de 1/25 000, une carte synthétique à 1/80 000 ayant été ensuite réalisée (SERVANT, 1971, SERVANT *et al.*, 1971, SERVANT *et al* , 1972 a et b, SERVANT, 1973, SERVANT *et al* , 1973 a et b).

La carte des formations superficielles de la région de Caen, réalisée par l'Université de Caen et le C.N.R.S.

La carte des formations superficielles publiée sous la direction de JOURNAUX à Caen s'appuie sur la notion de substrat, c'est à dire sur une formation inférieure apparaissant à une certaine profondeur et recouverte par un dépôt superficiel (JOURNAUX *et al* , 1971). Sont donc indiquées la nature de la formation superficielle et du substrat, et la profondeur de l'interface. Une légende avec des trames de la même couleur détermine la nature et la profondeur du substrat. Des surcharges de trames noires ou marron foncé indiquent la nature des formations superficielles. La profondeur du substrat peut être indiquée jusqu'à 1,50 m. Les formations superficielles résultent de l'altération de substrats cohérents sous-jacents ou du remaniement de matériaux meubles divers. Certaines formations ne sont que la partie supérieure de substrats meubles légèrement altérés et remaniés, enrichis superficiellement en matière organique.

La carte géomorphologique des formations superficielles quaternaires du Nord de la France.

Cette carte réalisée par SOMME (1980) est une carte géomorphologique contenant de nombreuses indications sur la nature et l'âge des formations superficielles quaternaires dans la Région du Nord de la France. L'identification des formations superficielles, qui couvrent toute la région, se fait par opposition à un substrat (SOMME, 1978). Celui-ci selon les circonstances aura plusieurs significations:

* Le substrat antéquaternaire est indiqué sur la carte si les formations superficielles ont une épaisseur inférieure à 1 m. Ce substrat est constitué par la craie secondaire et les dépôts tertiaires (grès, sables et argiles).

* Les formations superficielles meubles les plus courantes sont les limons, les sables, les limons sableux, les argiles et les limons argileux. Le faciès représenté est celui de la formation de couverture ou la plus superficielle. Les autres formations superficielles, recouvertes par les précédentes, sont considérées comme étant à l'affleurement et donc représentées si elles apparaissent à moins de 1 m de profondeur. Cependant, certaines formations de tuf et de tourbe de la plaine maritime et des vallées ne sont pas toujours recouvertes et leur représentation peut correspondre à un affleurement réel.

* Les formations éoliennes limoneuses (loess et formations associées) ont été distinguées en fonction de l'épaisseur et de l'importance des formations weichseliennes (Pléistocène supérieur), se superposant aux formations anteweichseliennes (Pléistocène moyen).

* Les formations alluviales sont distinguées selon leur épaisseur totale et les faciès superficiels holocènes.

L'échelle du document est le 1/200 000.

Cette carte détermine, comme les cartes de séries de sol, des épaisseurs de matériaux meubles reposant sur un substrat. Elle apporte cependant d'autres éléments de

description du paysage liés à la géomorphologie.

Elle suggère les superpositions litho et chronostratigraphiques des formations quaternaires. Cet exemple illustre, comme la carte des formations superficielles de Creil que nous évoquons ci-après, le problème de la représentation en région de couverture des formations superficielles, sur lesquelles se développent les sols.

La carte géologique des formations superficielles du B.R.G.M.

Ce type de carte n'a été réalisé que sur la seule coupure à 1/50 000 de Creil (VINCENT *et al*, 1968). Elle représente les formations superficielles reposant sur un substrat plus ancien, par différence avec la carte géologique correspondante qui constitue un écorché laissant apparaître les formations antéquaternaires, et ne mentionnant pas les formations superficielles.

La carte géologique des formations superficielles présente donc les sédiments terminaux quaternaires, leur disposition, leur nature lithologique, leur chronologie. Elle permet de présenter les formations distinctes à l'intérieur desquelles les matériaux auront une même origine et une histoire commune: altération, pédogénèse, etc. Ce document permet entre autres de préciser la distribution des formations pour lesquelles les études de référence restent représentatives.

III - LA REALISATION DES CARTES PEDOLOGIQUES EN FRANCE.

La cartographie pédologique consiste à étudier le sol *"dans le paysage sans le dissocier des autres éléments du milieu"* (JAMAGNE et al, 1989). C'est une approche géographique globale qui permet de faire le lien entre les différentes unités de sol qui constituent la couverture pédologique.

Selon les objectifs de la cartographie (BORNAND *et al*, 1989), les cartes sont réalisées à différentes échelles. Les documents à petite échelle (1/1 000 000 - 1/250 000) sont des synthèses indiquant *"la répartition des grandes unités de sol"*. Les documents à moyenne échelle (1/100 000 - 1/25 000) indiquent les caractéristiques des matériaux, l'économie en eau, et l'évolution pédogénétique. Les documents à grande échelle (1/10 000 - 1/5 000) sont liés à des recherches sur les sols et leur comportement.

Pour la cartographie pédologique, la méthode est la suivante: à partir de fosses et de sondages, on identifie les unités de sols existant dans le paysage. Sont déterminées des séquences qui correspondent soit à la topographie , soit à des plages de teintes différentes sur des photographies aériennes, etc. Une deuxième phase consistera à généraliser cette première vision des choses à partir de sondages, permettant de vérifier l'extension de chacun des sols. L'emplacement des sondages sera souvent déterminé en fonction du guide choisi: topographie, zones de coloration sur photo aérienne, plage de végétation etc. Il est ainsi possible de fixer des limites relativement précises aux sols recherchés.

Cette méthode est finie dans la mesure où elle délimite des unités elles mêmes, déterminées par des classes précises. (Exemple: limites des classes de texture).

La légende de certaines cartes repose la classification pédogénétique: carte à 1/100 000. D'autres privilégient, dans la représentation et le découpage, un certain nombre d'éléments du sol visant une application particulière.

Les cartes de secteurs de référence en sont l'exemple (FAVROT, 1979, 1980, 1981, 1989, FAVROT *et al*, 1981, DEVILLERS *et al*, 1977, a et b).

L'unité de la cartographie est toutefois préservée dans la mesure où les mêmes méthodes d'observation et de

classement sont utilisées. Les appellations taxonomiques de la classification des sols peuvent venir recouvrir les unités ainsi déterminées. Citons l'exemple de la carte du secteur de référence drainage de Oisy-le-Verger (fig. 19) et de sa légende (fig 20) (BILLIONNET *et al.*, 1984). Cette tendance est marquée également dans certains pays voisins où la cartographie des sols est en cours d'élaboration. Citons l'exemple de la Suisse ou de l'Italie (BONNARD, 1989, PREVITALI *et al*, 1989, BINI,1989).

En France certains furent précurseurs dans cette voie. Citons, l'expérience de la Société du Canal de Provence (DUCLOS, 1985, 1989) où l'accent est mis dans les documents sur les problèmes de l'aménagement, avec le souci de représenter dans un document parallèle les termes de la classification française des sols (C.P.C.S., 1967) (1).

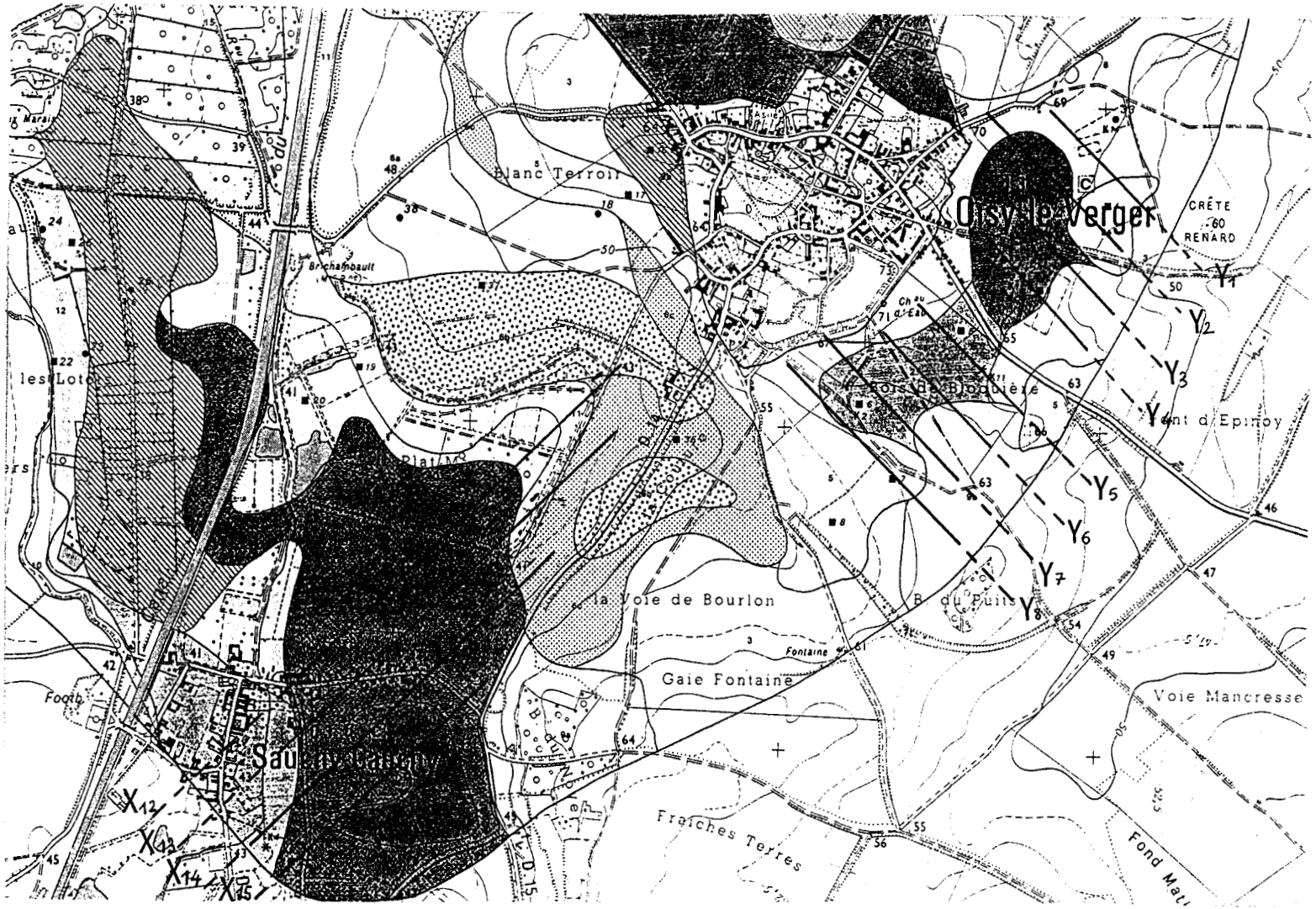
D'autres évolutions apparaissent aujourd'hui avec un élargissement de l'approche du sol à partir d'essais d'analyse structurale (PEDRO, 1989, BOULET *et al*, 1985, 1989) et la prise en considération du sol et des espaces qu'il occupe. Sans négliger les références aux connaissances pédologiques générales, il s'agit de mettre en place un référentiel scientifique et non plus une systématique (PEDRO, 1989).

IV - LE REFERENTIEL PEDOLOGIQUE.

Depuis 1986, l'Association Française pour l'Etude du Sol (A.F.E.S.) a engagé l'élaboration d'un "Référentiel Pédologique Français" (R.P.F.) devant se substituer à la Classification Française des sols élaborée en 1967 par la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols (C.P.C.S).

Trois propositions successives ont été réalisées en 1987, 1988, et 1990. Le R.P.F. constitue un langage et non une classification. Il repose sur la définition d'"Horizons" de

(1) C.P.C.S.: Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols.



Y_1 à Y_8 ----- position des coupes de la figure 21

X_{12} à X_{15} --- position des coupes de la figure 22

Fig. 19 : Exemple de carte de secteur de référence. Extrait de la carte de Oisy-le Verger. Secteur de référence drainage de la Sensée. Nord de la France.

(d'après BILLIONNET J.M. et al, 1984)

CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES SERIES DE SOL

A - SOLS DE VERSANTS

I - Sols sur limons hétérogènes de pente

1 — Limon argileux à limon argilo-sableux brun-jaune sur sables de Grandglise olive gris clairs vers 1,50 m. Taches orangées et grises beiges au-delà de 0,60 m (SOL BRUN EUTROPHE TRONQUE MOYENNEMENT HYDROMORPHE)

2 — Limon sablo-argileux brun-jaune sur l'argile lourde gris-olive vers 1 m - 1,50 m. Taches ocres orangées à rouille et concrétions de Fe-Mn à partir de 0,30 m (SOL BRUN EUTROPHE HYDROMORPHE)

3 — Limon argilo-sableux brun jaune sur craie ou argile au-delà de 1,50 m. Taches ocres, orangées et gris beige à partir de 0,80 m (SOL BRUN EUTROPHE)

Limon sablo-argileux devenant limono-sableux sur craie profonde

4a — Limon sablo-argileux calcaire jaune brun devenant limono-sableux olive jaune vers 1,60 m (SOL BRUN CALCAIRE)

4b — Limon sablo-argileux jaune-brun devenant calcaire vers 0,90 m sur limon sableux olive-clair vers 1,50 m. Quelques taches ocres, orangées vers 1,10 m (SOL BRUN EUTROPHE)

5 — Limon argileux jaune-brun devenant argilo-limono-sableux jaune brun vers 0,40 m. Sable et tuffeau olive-clairs plus ou moins altéré vers 1 m - 1,50 m. Taches ocre-orangées et de Fe-Mn abondantes au-delà de 1,20 m (SOL BRUN EUTROPHE)

II - Sols développés sur craie

Limon argilo-sableux calcaire sur craie entre 0,20 m et 1 m.
Pas d'hydromorphie.

6a — Limon argilo-sableux gris brun calcaire sur craie vers 0,2 m (RENDZINE GRISE)

6b — Limon argilo-sableux rouge jaune-brun, calcaire sur craie vers 0,45 m (RENDZINE BRUNIFIEE)

6c — Limon argilo-sableux jaune-brun, calcaire sur craie entre 0,7 m et 1,10 m (SOL BRUN CALCAIRE)

III - Sols de versant développés sur les formations tertiaires sableuses et/ou argileuses

7 — Sable argileux jaune-brun devenant sablo-limoneux olive vers 0,7 m. Argile lourde au-delà de 2 m. Taches ocre-orangées à partir de0,35 m (SOL BRUN EUTROPHE HYDROMORPHE)

8 — Sable limono-argileux gris-clair sur argile sableuse olive vers 0,6 m - 0,9 m. Taches rouille vers 0,30 m (SOL BRUN HYDROMORPHE)

Argile lourde peu profonde

9a — Limon sablo-argileux et argile limono-sableuse grise sur l'argile lourde olive-grise vers 0,70 m. Taches ocres et olive vers 0,3 m (SOL BRUN EUTROPHE HYDROMORPHE)

9b — Argile limono-sableuse gris-brun sur argile lourde olive-grise vers 0,20 m. Taches ocres et rouilles vers 0,25 m (SOL BRUN EUTROPHE HYDROMORPHE A CARACTERES VERTIQUES PEU MARQUES)

IV - Sols de bas de versant en contact avec les sols des plaines alluviales

10 — Limon argilo-sableux gris sur limon argileux jaunâtre jusqu'à 1 m, gris au-delà. Taches ocre-orangées et rouille vers 0,30 m (SOL BRUN CALCAIRE, HYDROMORPHE)

11 — Limon gris brun-foncé sur la craie peu altérée vers 0,50 m. Taches ocre-orangées dès la surface du sol (SOL CALCAIRE DE REMPLISSAGE DES VALLEES, HYDROMORPHES)

B ; SOLS DES PLAINES ALLUVIALES

12 — Limon argileux jaune-brun devenant gris vers 0,60 m sur limon moyen vers 1 m. Taches ocres-rouille vers 0,30 m (SOL ALLUVIAL PEU ORGANIQUE CALCIMORPHE HYDROMORPHE)

Limon argileux à limon moyen sur tuf calcaire entre 0,20 m et 0,80 m.

13a — Limon argileux gris-brun sur tuf calcaire blanchâtre apparaissant entre 0,20 m et 0,40 m. Taches ocre-orangées à 0,20 m (SOL ALLUVIAL CALCAIRE HYDROMORPHE)

13b — Limon argileux à limon moyen brun-jaune jusque 0,60 m devenant argilo-limoneux gris-brun sur tuf calcaire vers 0,80 m. Signes d'hydromorphie peu marqués jusque 0,60 m, taches nombreuses et plus contrastées au-delà (SOL ALLUVIAL PEU ORGANIQUE CALCIMORPHE MOYENNEMENT HYDROMORPHE)

Sols hétérogènes constitués de différents matériaux superposés ou en mélange (TOURBE - TUF CALCAIRE - LIMONS)

14a — Limon argileux gris brun reposant vers 0,30 m sur une alternance de niveaux tourbeux eutrophes de tuf et de matériaux organo-minéraux calcaires. Taches d'oxydo-réduction peu marquées en raison de la nature du matériau (SOL ALLUVIAL MOYENNEMENT ORGANIQUE, CALCIMORPHE, HYDROMORPHE)

14b — Limon argileux gris-noir reposant vers 0,40 m sur le tuf calcaire et la tourbe en mélange. Taches peu marquées en raison de la nature des matériaux (SOL ALLUVIAL ORGANO-CALCAIRE HYDROMORPHE)

15 — Limon argileux gris-brun à gris sur la tourbe eutrophe entre 0,50 m et 0,80 m. Taches ocres orangées vers 0,20 m (SOL ALLUVIAL ORGANIQUE CALCIMORPHE-HYDROMORPHE)

Fig. 20 : Extrait de la légende. Carte du Secteur de référence drainage de la Sensée. Nord de la France.

(d'après BILLIONNET J.M. et al, 1984)

référence et de "Solums" concepts qui déterminent des références, puis des types se rapportant à une dénomination. A chaque dénomination correspond un certain nombre de caractères définissant un cadre dans lequel se situe les sols correspondants.

Le R.P.F., appelé aujourd'hui "Référentiel Pédologique" (R.P., 1990) rattache les sols observés aux références à partir de l'éloignement ou de la proximité des caractères de ces sols, par rapport à ceux des références définies. Il décrit des méthodes de rattachement de sols intermédiaires à ces références et des seuils de tolérance au delà desquels on ne peut plus rattacher un solum à une référence. On peut effectuer des rattachements doubles ou multiples mettant en évidence des situations intermédiaires. Le R.P. prévoit encore la possibilité de création de références supplémentaires. Ce système a l'avantage, notamment en cartographie, de n'être plus limité par des classes strictes, mais de permettre de faire apparaître des situations intermédiaires.

Il diffère cependant du système en usage dans la Région du Nord qui n'utilise les classifications et les référentiels que comme un langage au sens strict. Dans cette région les références et les rattachements sont réalisés, pour chaque cas de cartographie, à partir de l'approche statistique des ensembles de caractères observés dans chaque secteur cartographié et des décisions de découpage de ces ensembles. Après l'inventaire du milieu, on détermine donc une référence conceptuelle qui a une valeur régionale ou locale. Par exemple, on constate qu'un horizon est généralement compris entre 30 et 60 cm et l'on admet une moyenne de 0,45 cm avec une possibilité

de rattachement à l'unité d'horizons qui ont jusqu'à 30 ou 60 cm.

Notons également que dans la définition donnée par le R.P. du solum, celui-ci intègre une part de la roche sous-jacente. D'autre part ce terme est l'objet de nombreuses controverses (GAUCHER, 1968, LOZET *et al* , 1986). Il y a lieu de s'interroger sur la distinction du sol et des formations superficielles qui sera apportée à l'avenir dans le développement du Référentiel Pédologique.

V - L'APPROCHE CARTOGRAPHIQUE DES SOLS DANS LA REGION DU NORD DE LA FRANCE.

Le système d'étude des sols de la Région du Nord a pour objectif de pouvoir représenter soit les formations superficielles, soit les sols.

Par ailleurs, le sol ou les formations superficielles présentent des continuités, des variations souvent progressives, parfois brutales, ou des discontinuités.

Pour rendre compte de ces variations, l'on adopte un système de représentation par coupes, diagrammes, cartes. Ces représentations sont des documents élaborés successivement, permettant d'une part l'analyse des caractères en vue d'un classement éventuel et d'autre part leur représentation dans l'espace. On s'adapte aux variations plus ou moins rapides du sol par densification des informations (sondages et fosses) et des travaux d'analyse: coupes, diagrammes, etc.

1/ Présentation technique .

Dans la méthode la plus courante (MASSON, 1979) les étapes sont les suivantes:

Les sondages ou fosses distribués régulièrement sur la zone prospectée, sont alignés en files parallèles qui permettent de réaliser des coupes verticales et parallèles. Ces coupes de terrain qui représentent les caractères observés sur les sondages et les fosses peuvent être géologiques, morphologiques, pédologiques, etc. Elles mettent en apparence des caractères de faciès ou des caractères d'origine pédogénétique.

Pour chacune de ces coupes, à partir des points où les formations superficielles et les sols sont observés, il s'agit de reconstituer les zones non connues de la coupe. Cette reconstitution est basée sur les hypothèses suivantes:

a - Continuité des formations entre deux points d'observation où elles sont présentes.

b - Régularité ou variation définie de la composition des formations, entre deux sondages différents.

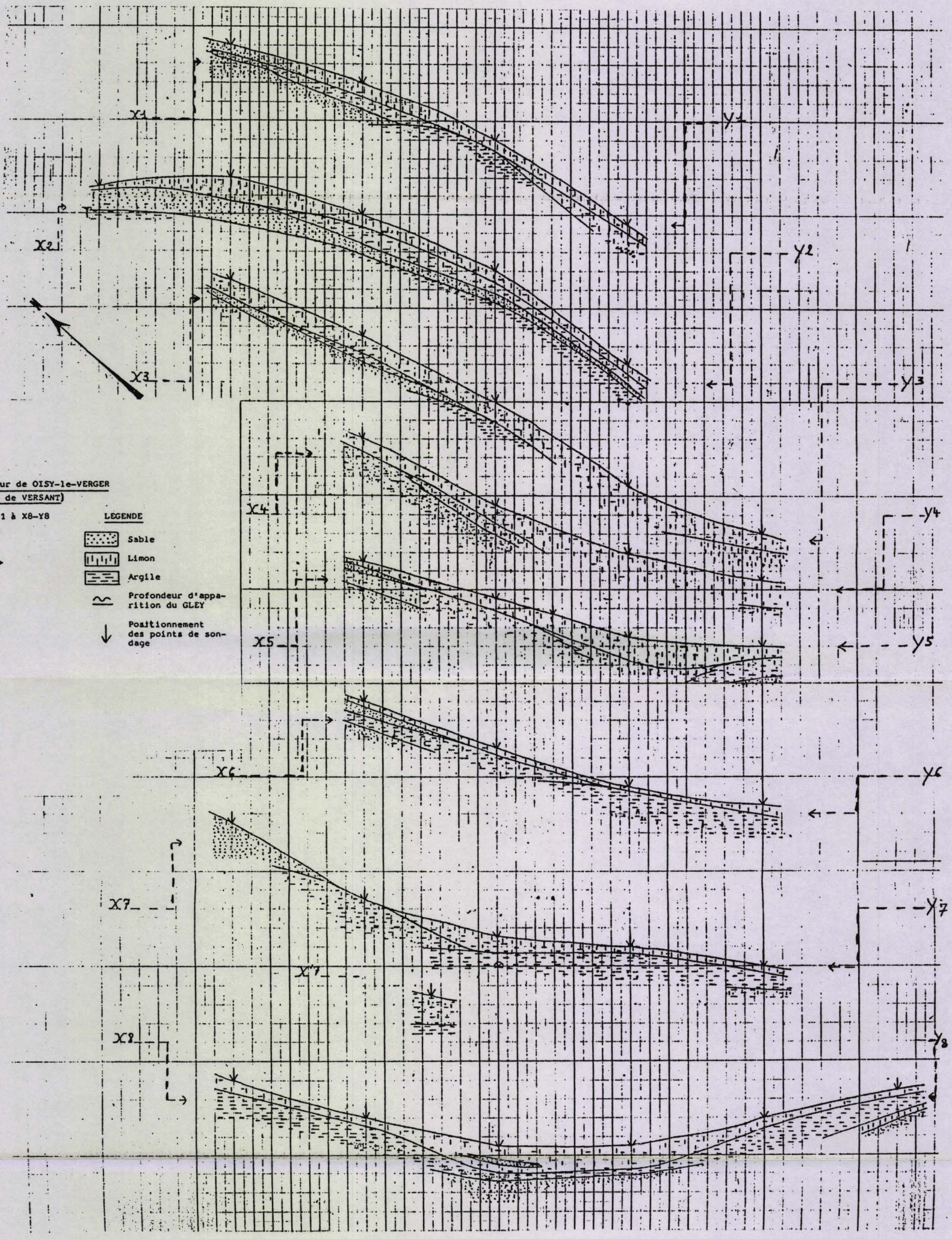
c - Régularité ou variation définie de l'amplitude entre ces deux points d'observation.

Les rapports entre les formations superficielles sur lesquelles se développent les sols sont les suivantes :

- la superposition
- la juxtaposition
- la combinaison ou le mélange de deux unités.

D'autres facteurs se rapportant à la genèse des formations superficielles comme la concordance ou la discordance, les remaniements, la simultanéité de deux dépôts, interviennent dans la confection des coupes. Les caractères des sols sont également inclus dans ces coupes: apparition de niveaux d'hydromorphie, de concrétions calcaires, d'horizons humifères, etc. Ces coupes sont considérées comme des ébauches auxquelles des vérifications et des corrections seront éventuellement apportées. L'on se référera à titre d'exemple aux feuilles de coupes des figures 21 et 22 extraites du secteur de référence drainage de la Sensée (BILLIONNET *et al*, 1984).

BU LILLE



BU LILLE

Fig. 21 : Coupes verticales et parallèles. Sols de versant. Secteur de Oisy-le-Verger. Nord de la France

(d'après BILLIONNET et al, 1984)

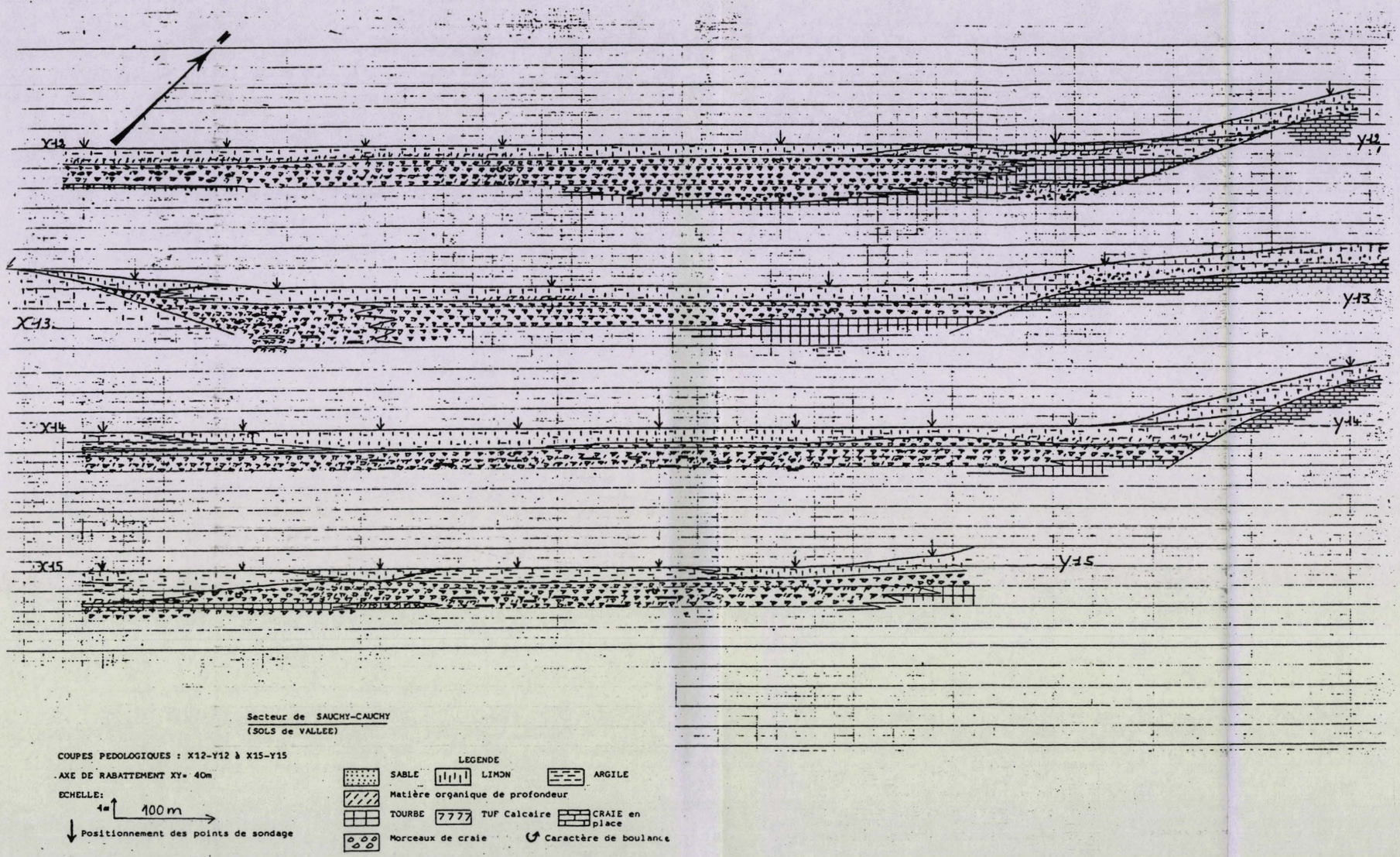


Fig. 22 : Coupes verticales et parallèles. Sols de vallée. Secteur de Sauchy-Cauchy. Nord de la France.

(d'après BILLIONNET et al, 1984)

BU LILLE
BU LILLE

Il s'agit donc dans un premier temps d'une étude en deux dimensions sur chacune des coupes. La troisième dimension est donnée par la succession des coupes parallèles. L'ensemble de ces coupes peut être assimilé à des sections verticales de blocs diagrammes, comme le montre la figure 23.

D'autres démarches mettent également en évidence cette troisième dimension, il s'agit des coupes en plans successifs ou écorchés et des diagrammes plans.

Ces coupes montrent le sol ou les formations superficielles sur une profondeur correspondant à celle des sondages (1,60 m, ou 3,00 m). Elles sont généralement réalisées à l'échelle de 1/100 pour la hauteur, et de 1/10 000, ou 1/5 000, ou 1/2 000 pour la longueur.

Le système de représentation des sols en coupes parallèles souffre de l'utilisation assez généralisée de sondages pour leur réalisation et de l'insuffisance, en raison de leur coût plus élevé, des profils réalisés sur fosse. Les représentations de formations ou de caractères très localisés peuvent prendre ainsi une extension horizontale trop importante. La vérification systématique des phénomènes très localisés, l'observation de discontinuités trop fréquentes sur les coupes, ainsi que l'ouverture éventuelle de fosses, permettent de limiter ce type d'erreur.

Cependant les coupes permettent assez souvent la restitution d'un nombre d'informations plus élevé qu'une carte, déterminée par sa légende. La figure 23 montre la comparaison des informations portées sur une coupe déduite de la carte des sols de SERVANT *et al*, (1972 b) et de celles provenant sur le même territoire des sondages effectués en vue d'une étude préalable au drainage.

2/ Les coupes en plans successifs ou écorchés.

A partir des coupes verticales et parallèles, l'on

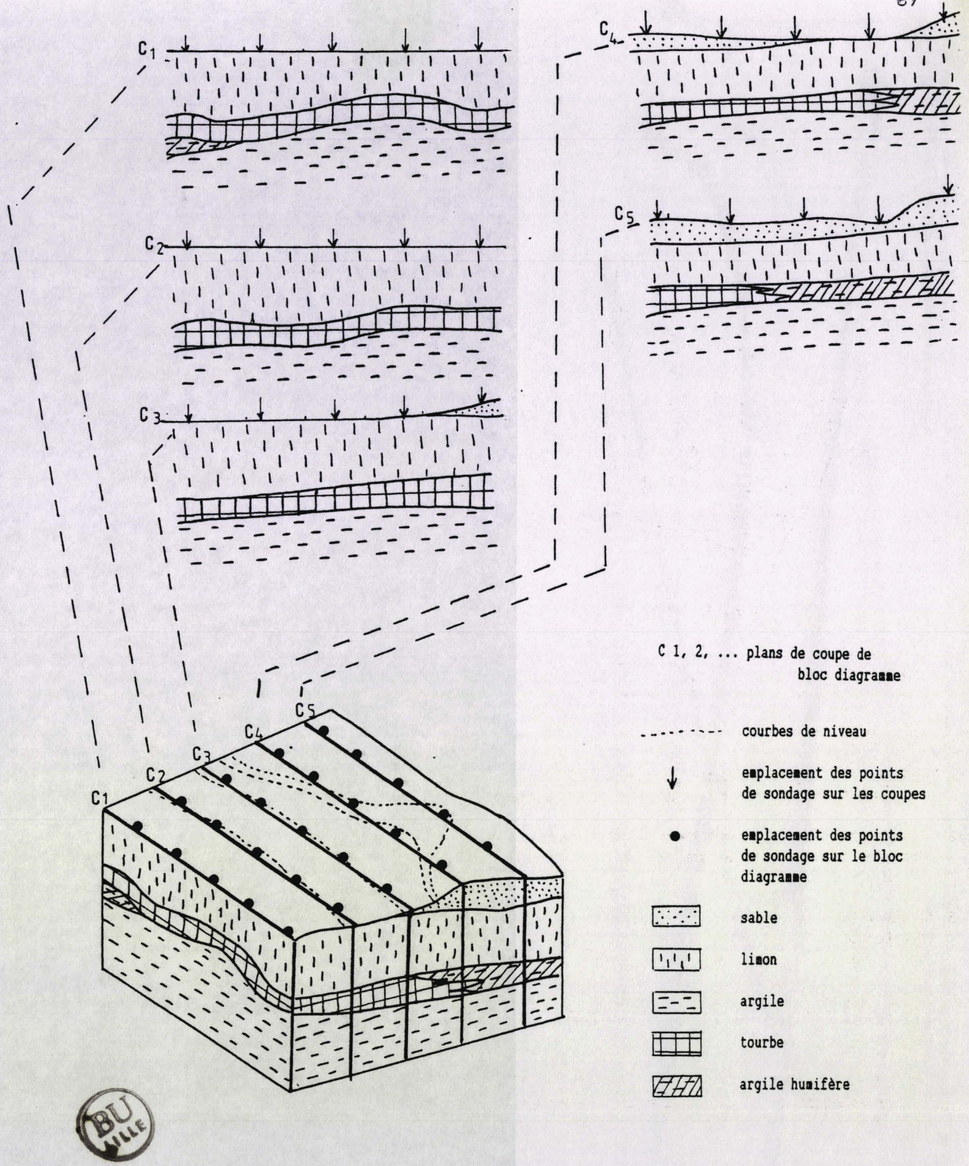
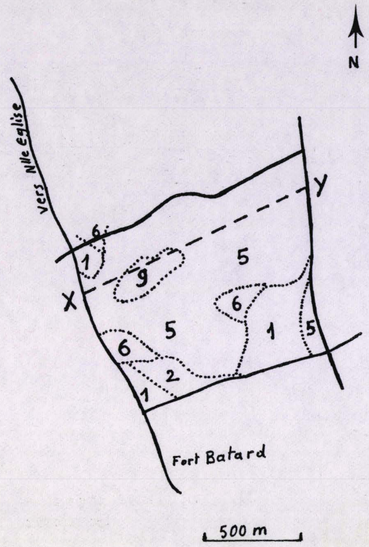


Fig. 23 : Schéma de principe montrant la correspondance entre la représentation par coupes (verticales et parallèles) ou par bloc diagramme.



1 Sols à horizons supérieurs de texture grossière et horizons sous-jacents de texture grossière à très grossière.

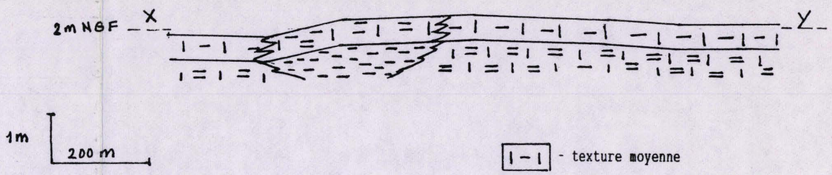
2 Sols à horizons supérieurs de texture grossière à moyenne et à horizons sous-jacents de texture grossière à très grossière apparaissant entre 40 et 70 cm.

5 Sols à horizons supérieurs de texture moyenne et à horizons sous-jacents de texture moyenne à fine apparaissant entre 40 et 70 cm.

6 Sols à horizons supérieurs de texture moyenne et à horizons sous-jacents de texture fine à très fine apparaissant entre 40 et 70 cm.

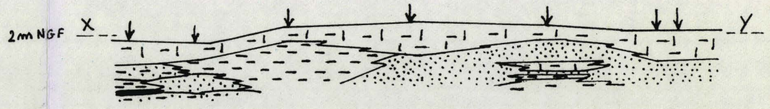
9 Sols à horizons supérieurs de texture moyenne à fine et à horizons sous-jacents de texture fine à très fine apparaissant entre 40 et 70 cm.

- carte des sols de SERVANT et al (1972 b)
échelle: 1/25 000



Cf triangle de texture fig. 29, p. 99

- coupe restituée à partir de la carte des sols de SERVANT et al (1972 b)
Plaine maritime des Wateringues



Limon argileux
Argile limoneuse
Sablo-argileux
Sable
Tourbe
emplacement de sondages

Cf triangle de texture fig. 15, p. 51

- coupe restituée à partir de sondages réalisés en vue d'une étude préalable au drainage

montrera l'extension des diverses formations en présence suivant des plans horizontaux. Comme le montre la figure 24, ces coupes peuvent être assimilées à des sections horizontales de blocs diagrammes.

L'on effectuera plusieurs coupes planes correspondant aux différentes profondeurs. La distance d'une coupe à l'autre est en relation étroite avec la complexité du sol: épaisseur des différents faciès, changement latéral plus ou moins rapide, etc.

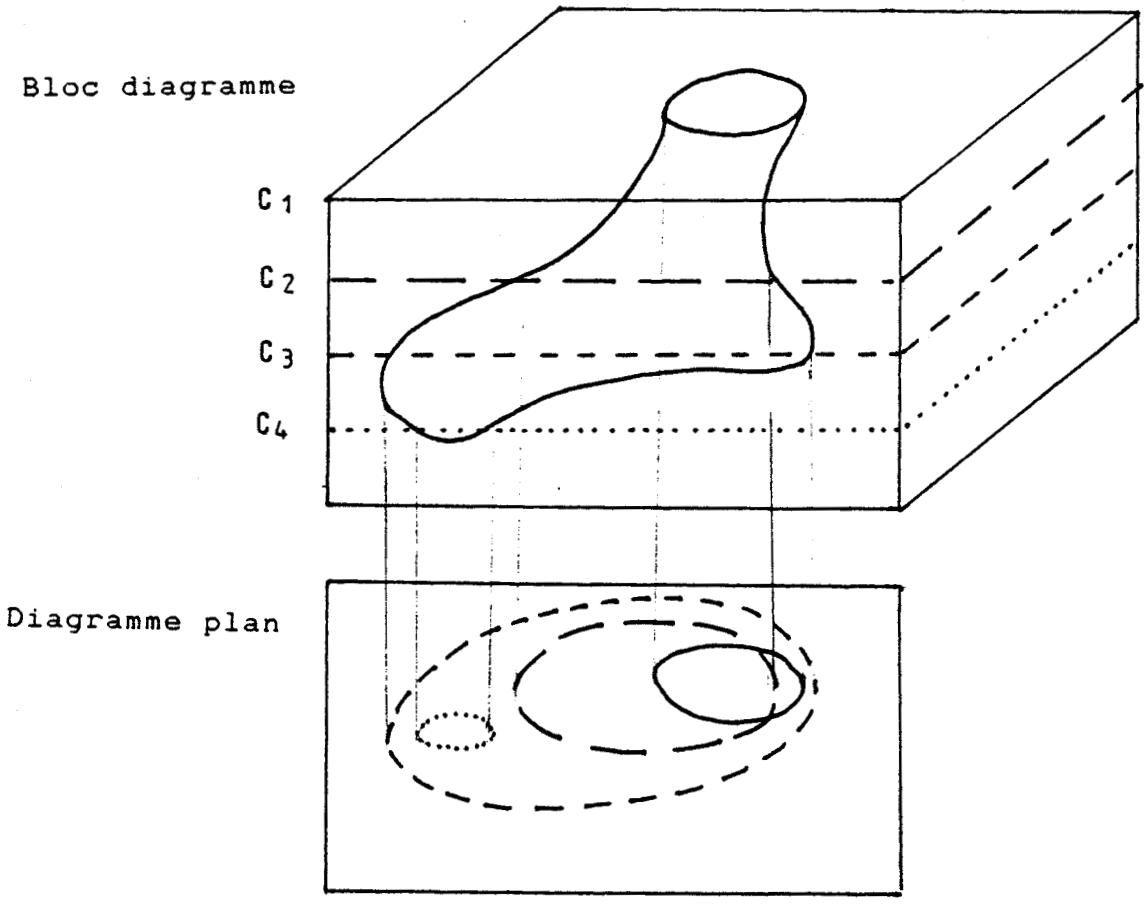
La surface du sol est prise comme niveau de référence pour la profondeur de chaque coupe, et par conséquent, pour celle des matériaux décrits. Cette méthode permet à l'utilisateur de vérifier facilement la succession des matériaux dans la zone considérée.

L'exemple des coupes en plan à 1/ 10 000 du projet de drainage n° 47 de l'A.S.A.D. de Sainte Marie Kerque, commune des Attaques dans la Plaine maritime des Wateringues, illustrera ce raisonnement (fig. 25 et fig. 26).

Faisons remarquer toutefois qu'il est possible de parler de plans dans la Plaine maritime des Wateringues où la surface du sol est subhorizontale. Dans les régions où les reliefs sont plus marqués, il s'agira de la projection plane d'une surface courbe équidistante de la surface du sol.

3/ Les diagrammes plans.

Les diagrammes plans permettent une représentation plane reflétant à la fois la puissance, la profondeur et l'extension horizontale d'un caractère pédologique ou d'un faciès géologique. Le principe est simple: sur les coupes en plan vues précédemment l'on ne représente plus qu'un seul caractère, la sédimentation sableuse par exemple. L'on superpose ces coupes pour former le diagramme. Le sédiment est représenté à chaque niveau par une trame grise, limitée par un



Exemple pour la figure 25

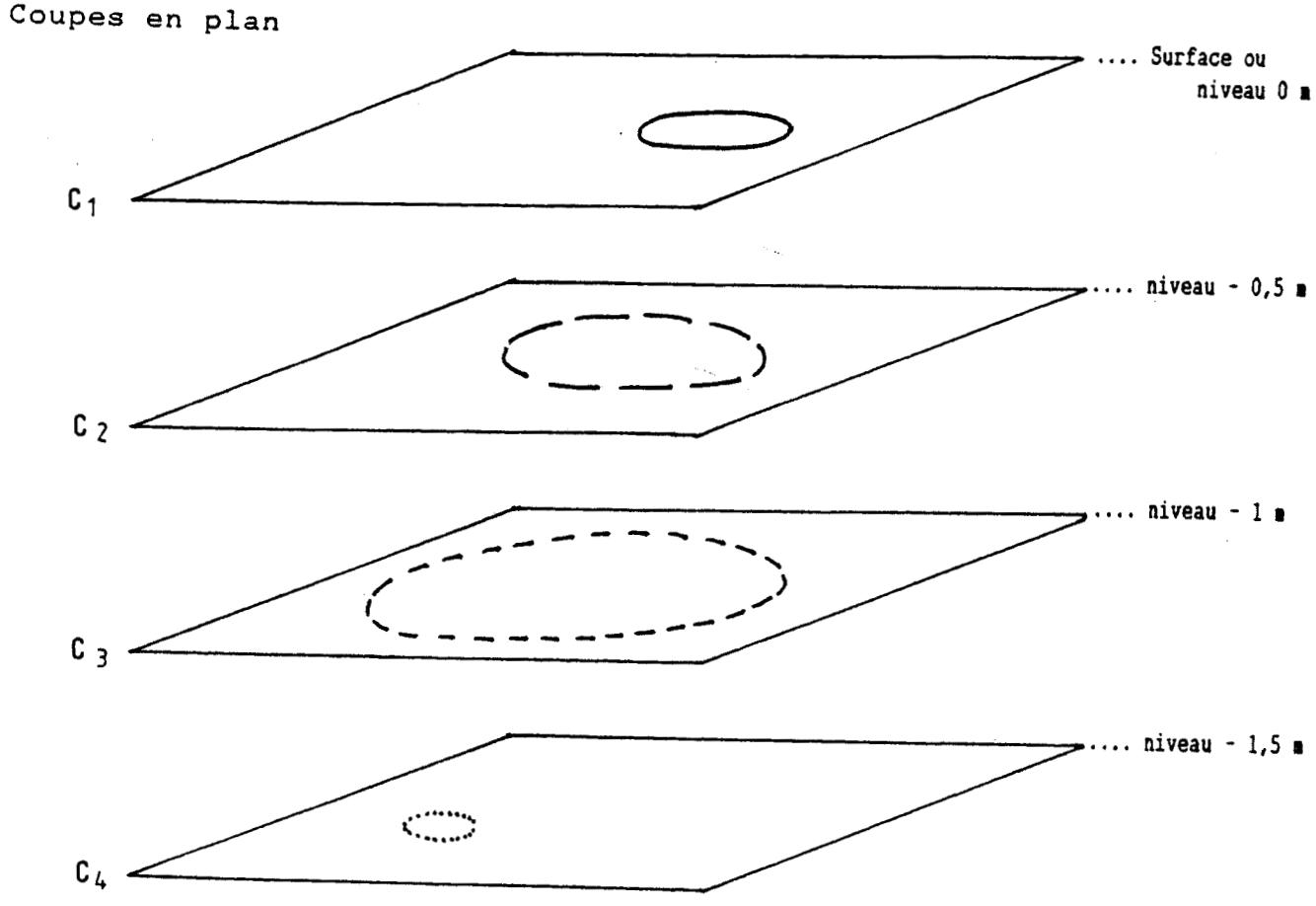


Fig. 24 : Schéma de principe montrant la correspondance entre bloc diagramme, diagramme plan et coupes en plan.

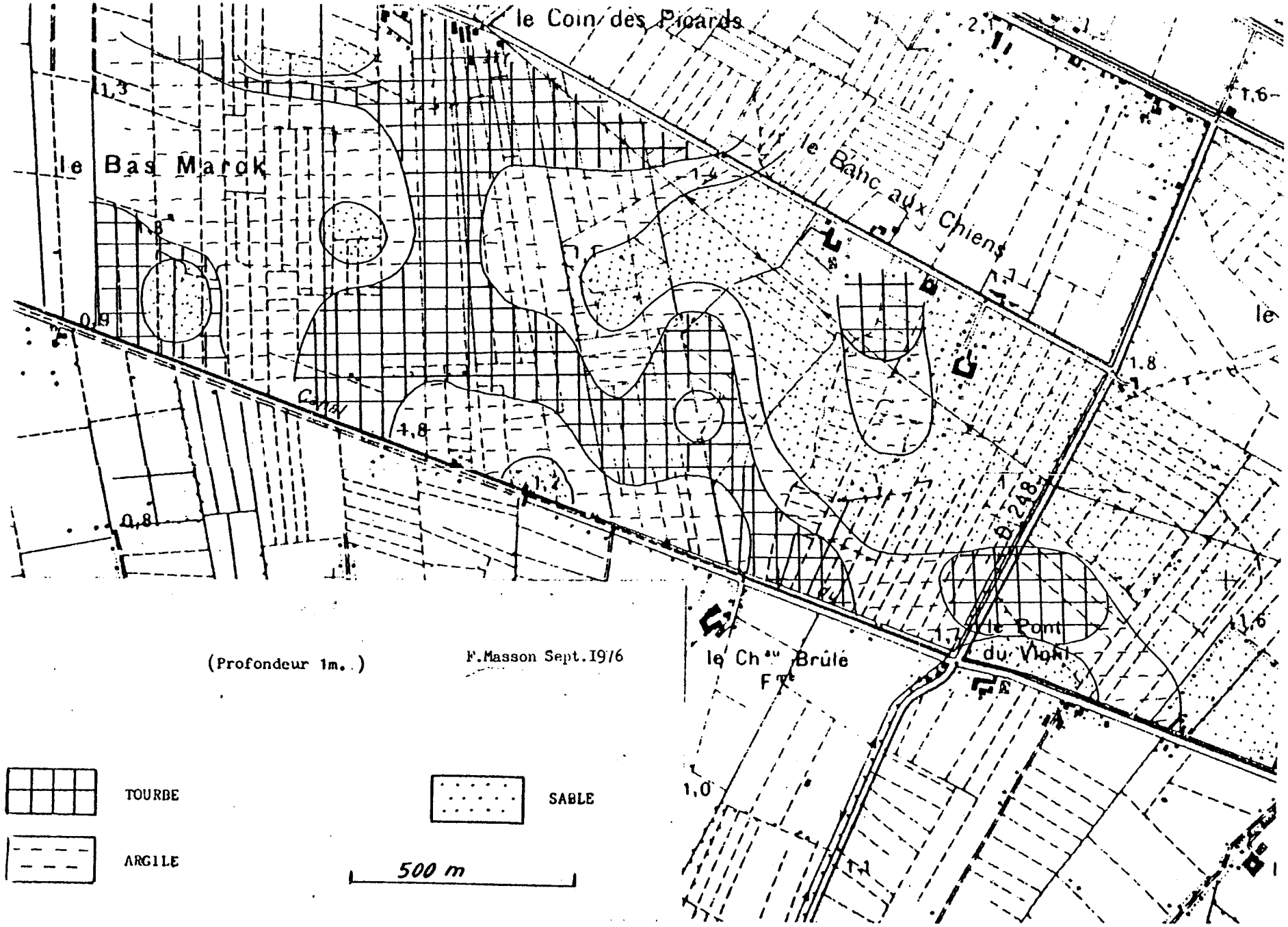


Fig. 25 : Coupe en plan, projet 47 de l'ASAD de Sainte Marie Kerque, commune des Attaques. Plaine Maritime des Wateringues . Nord de la France. Profondeur 1 m (F.X. MASSON 1976)

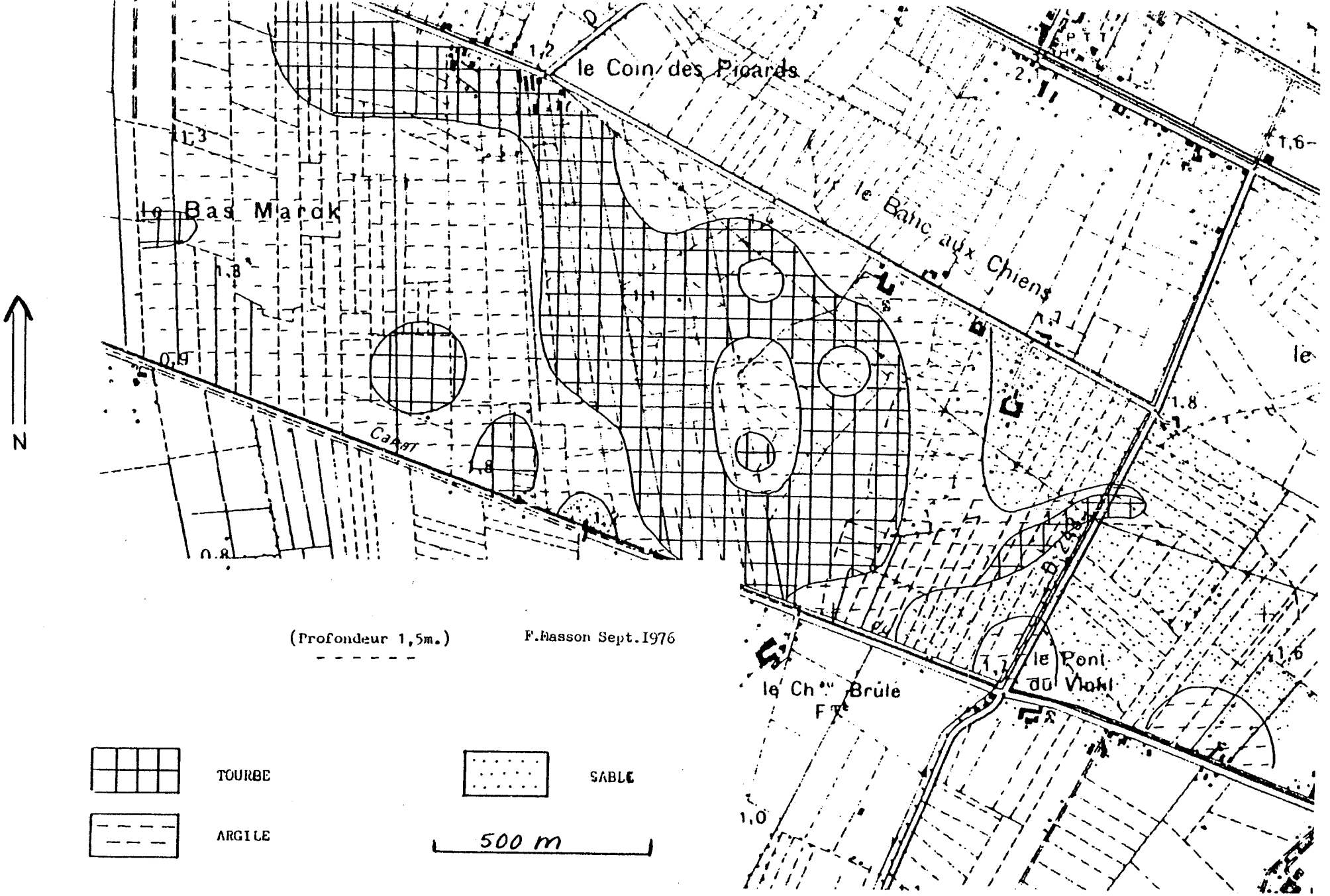


Fig. 26 : Coupe en plan, projet 47 de l'ASAD de Sainte Marie Kerque, commune des Attaques. Plaine Maritime des Wateringues. Nord de la France. Profondeur 1,5 m (F.X. MASSON 1976)

trait en pointillé de nature différente permettant de repérer la profondeur. La superposition des différents trames donne une gamme de grisés exprimant ainsi la puissance et la sédimentation sableuse.

Pour illustrer ce paragraphe, l'on se reportera au schéma théorique explicatif de la figure 24 (p.89) et aux diagrammes plans effectués sur la zone (Les Attaques, dans la Plaine maritime des Wateringues) vue précédemment pour les coupes en plans et concernant les faciès suivants :

- sédiment sableux (fig. 27)
- sédiment argileux (fig. 28)

4/ Les cartes d'interprétation (cartes de synthèse et cartes thématiques).

Les cartes de synthèse reprennent les données des représentations analytiques précédentes, (coupes verticales et parallèles, coupes en plan, parallèles à la surface,, diagrammes plans). Ces expressions sont souvent simplifiées, et ne représentent que les éléments dominants du sol, ou ceux qui intéressent une utilisation particulière du document. De ce fait, les cartes d'ensemble sont toujours des cartes partielles ou simplifiées.

L'on sera ainsi amené dans certains cas à fournir plusieurs cartes. La légende de la carte est étudiée postérieurement à l'analyse des données de terrain qui comprend la réalisation des coupes et des diagrammes, mais préalablement à la réalisation des cartes. Cette analyse reprenant les méthodes vues précédemment est systématisée pour chaque périmètre cartographié, en ce qui concerne les coupes verticales. Les autres outils (coupes en plans, diagrammes plans) sont plus rarement utilisés, compte tenu de la demande actuelle, mais pourraient être généralisés grâce à l'outil informatique.

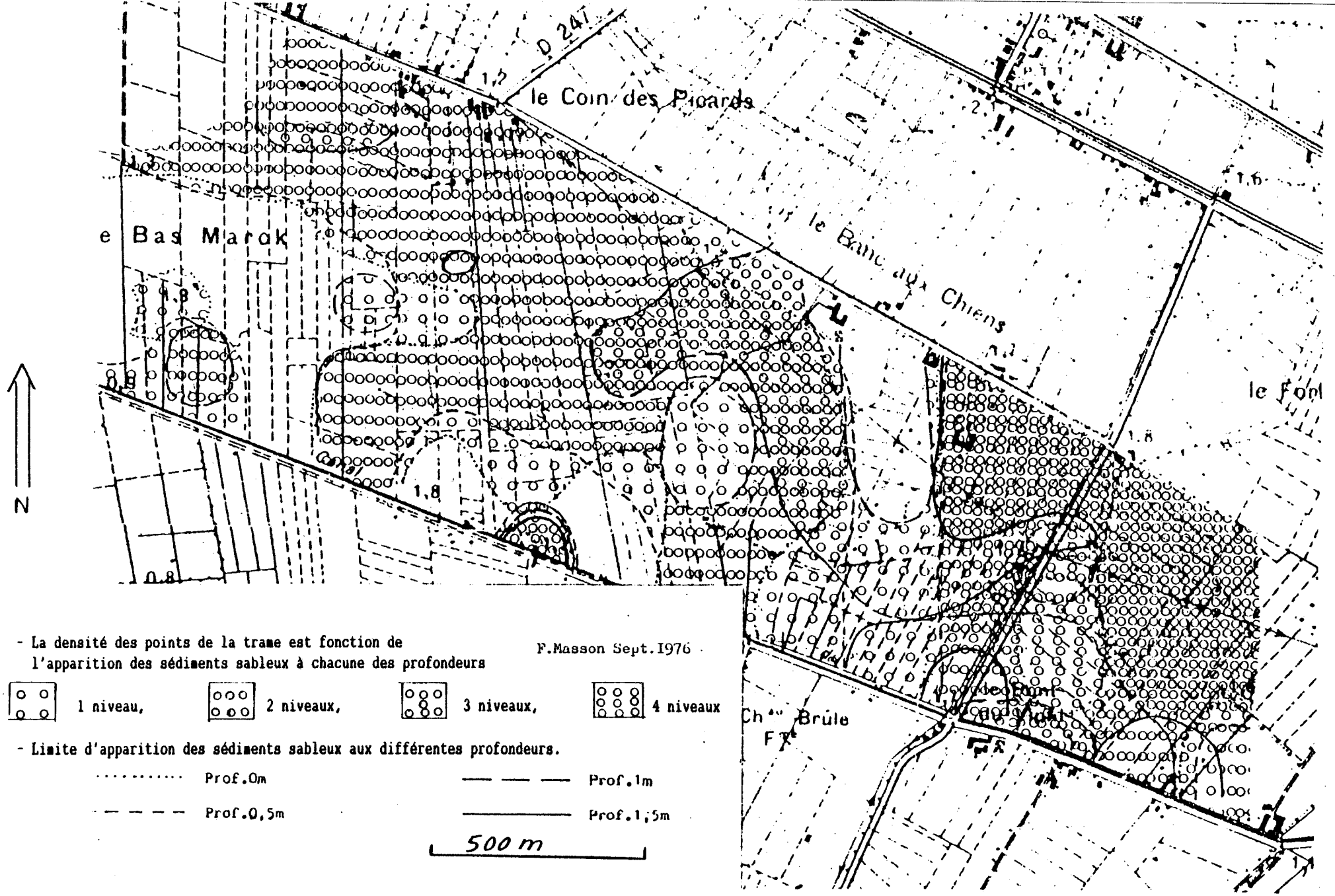


Fig. 27 : Diagramme plan (sédiments sableux), projet 47 de l'ASAD de Sainte Marie Kerque, commune des Attaques. Plaine Maritime des Wateringues. Nord de la France. (F.X MASSON 1976)

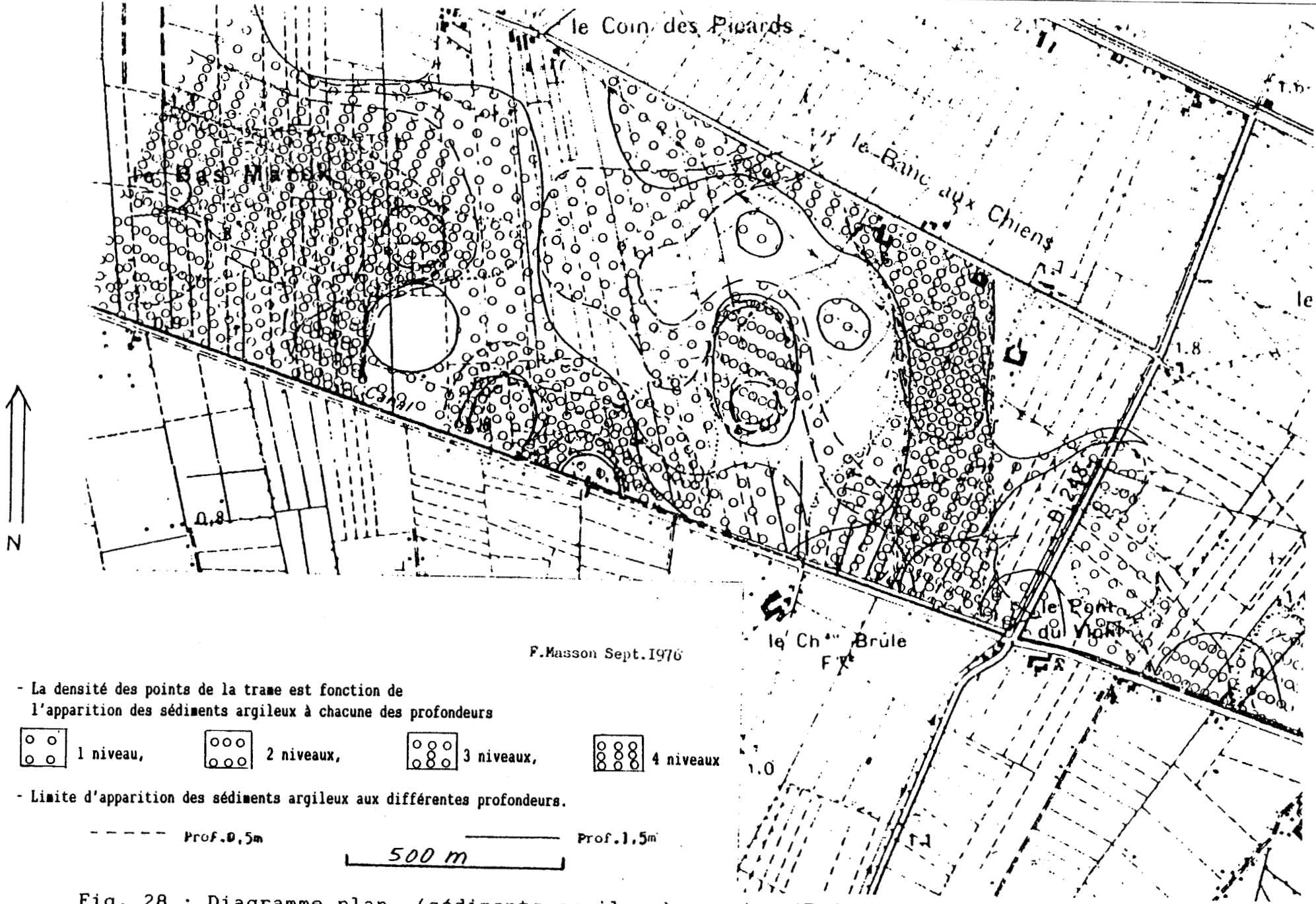


Fig. 28 : Diagramme plan, (sédiments argileux), projet 47 de l'ASAD de Sainte MarieKerque, commune des Attaques. Plaine Maritime des Wateringues. Nord de la France. (F.X. MASSON 1976)

VI - LES RISQUES D'ERREURS DE LA CARTOGRAPHIE.

La cartographie est une démarche scientifique interprétative où le cartographe intervient avec un coefficient de variation personnel important. Le risque d'erreur ou d'imprécision dépend pour partie de la distance entre les sondages, surtout dans les zones de plaines basses où les indices permettant d'accéder aux critères de délimitation des unités sont peu nombreux. Les erreurs concernent, soit les limites, soit la pureté des unités cartographiques.

1/ Les limites.

Dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire, s'il n'existe pas de critères d'appréciation de la limite en dehors des sondages, celle-ci est placée à une distance médiane entre deux sites d'observation du sol. Ainsi, dans la Région du Nord, pour une carte représentée à l'échelle (1 observation par cm^2 de la carte), l'erreur maximale, entre deux sondages proches, est toujours inférieure à 5 mm. LEGROS (1978) indique que cette incertitude de 5 mm est considérée comme couramment acceptable, et qu'elle correspond au souhait émis par le groupe G.E.P.P.A.

Le cartographe peut généralement améliorer la précision par interprétation stratigraphique, par observation de la topographie, par utilisation de photographies aériennes, par réalisation, si nécessaire, de sondages supplémentaires de contrôle. Sont ainsi associés dans la région, les méthodes de cartographie régulière, avec un semis régulier de points de sondages, et de cartographie libre, où l'emplacement des observations est décidé sur le terrain par le prospecteur.

La notion d'incertitude de limite est reprise dans la Région du Nord, dans les cartes et documents annexés qui indiquent l'emplacement des sondages, leur distance par rapport aux limites d'unités et le mode d'interprétation (coupes et diagrammes).

2/ Les impuretés cartographiques.

Les impuretés cartographiques sont des unités de sol non repérées et incluses dans le contour d'une autre unité.

LEGROS (1978) indique que les cartes devraient préciser la pureté des unités de sols et leur variabilité. Dans la Région du Nord, l'unité est définie à partir de l'ensemble de caractères ou fourchettes de caractères, apparaissant sur le sondage ou le profil, répertoriés sur fiches et acceptés pour participer à cette unité. La variabilité de l'unité est ainsi représentée, et l'utilisateur peut la vérifier en consultant les documents annexés à la cartographie telles que les coupes. Les variations de caractères, au-delà des bornes ainsi fixées, déterminent d'autres unités. L'impureté est une unité couvrant une surface restreinte, non repérée à partir des critères d'accès cartographique habituels, et dont aucun sondage n'a permis l'observation. L'impureté a donc une largeur inférieure à la distance entre deux sondages. La chance de découvrir cette unité, à partir de deux sondages appartenant à un maillage régulier, est égale au rapport: largeur de l'impureté/distance entre les sondages.

Pour diminuer ce genre d'incident, l'on vérifie lors de la cartographie d'un secteur l'existence ou non de telles zones restreintes repérées au hasard des sondages. l'on recherche ensuite, à partir de cette référence, les critères non perçus jusqu'alors, permettant d'observer d'autres impuretés et ainsi de les éliminer. Dans une région déterminée, les méthodes, l'expérience du cartographe et le cumul des connaissances sont donc fondamentaux pour repérer les impuretés.

3/ La précision et l'organisation de la démarche cartographique.

La question de la précision est intégrée par

l'obligation faite au chargé d'étude de réaliser sous forme de dessin les différentes étapes d'interprétation ou de manque de cohérence, qui signalent les sites où des sondages complémentaires doivent être réalisés. Il y aura donc retour sur le périmètre à cartographier et nouvelle interprétation améliorant ainsi la précision (méthode progressive). Cette méthode entraîne peu de réclamations sur la cartographie. Dans le cas d'aménagement permettant le contrôle des cartes (drainage), les erreurs constatées (délimitées et interprétées) sont de l'ordre de 2%.

Cette organisation de la démarche cartographique qui exige de nombreux retours sur le terrain est facilitée par le fait qu'il s'agit d'un territoire densément peuplé, où les terrains d'études sont nombreux et multiples. Un retour sur un périmètre est intégré souvent dans les déplacements nécessaires à d'autres études, et n'entraîne donc pas de contraintes importantes en temps et en déplacement. Les distances parcourues par les équipes locales n'excèdent pas 150 km. Il n'en serait pas de même d'un bureau d'étude éloigné, dont les déplacements seraient plus couteux, et qui n'aurait à sa disposition ni fichier, ni références acquises.

Le système de cumul des données de sondage utilisé dans la Région du Nord n'est pas unique en son genre. En géologie, le B.R.G.M. assure le rassemblement et l'archivage de toutes les informations de sondages géologiques réalisés pour toutes applications ou recherches (Code Minier).

Ces informations concourent ensuite à l'élaboration des cartes qui en font mention pour un certain nombre: sur la carte par leur localisation, et dans la notice par des tableaux donnant l'épaisseur des étages et les faciès. Sont ainsi liés les expressions cartographiques et les informations brutes contenues dans les fichiers.

VII - DISCUSSION

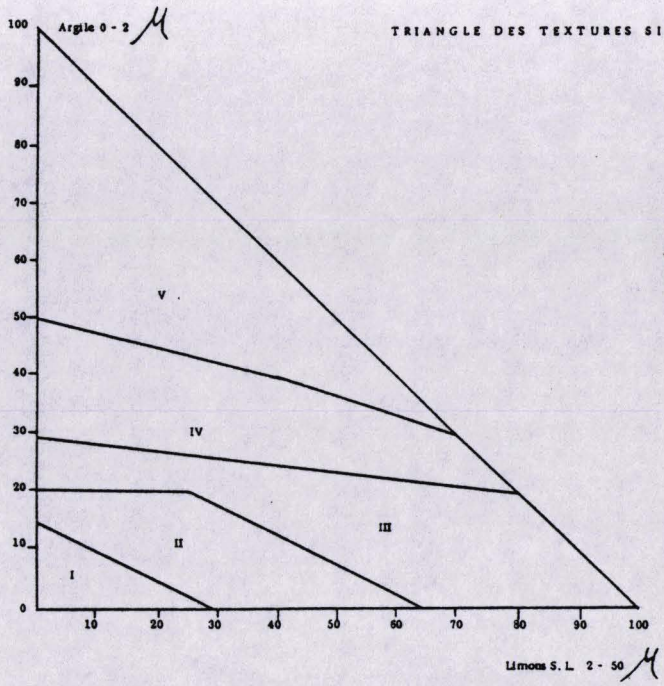
Le système des coupes n'est pas l'essentiel de la méthode que l'on a appelé souvent, à tort de ce fait, méthode des réseaux, ou méthode des coupes. Ce système ne constitue qu'un outil. L'essentiel réside bien dans le principe de continuité du sol et de variations plus ou moins rapides des caractères que l'on veut représenter.

Cette méthode permet de rechercher et d'insérer progressivement les informations manquantes entre celles connues, existant à partir d'observations complémentaires, réalisées par exemple lors d'une deuxième phase de prospection. On l'appellera donc "méthode progressive". Cette méthode permet également de s'adapter aux classes et catégories suivant l'origine et l'évolution des sols, les besoins multiples des sciences du sol et de l'application.

Dans certaines recherches, les classes de texture caractérisant les matériaux du sol sont déterminées à partir de triangles de texture dont les classes sont reconnues pour une région donnée ou un pays. On peut également, à partir d'un regroupement de résultats d'analyses sur un diagramme, déterminer d'autres classes et adapter un nouveau triangle de texture. Exemple: diagramme des textures simplifié présenté dans les Wateringues par SERVANT en 1973 (fig. 29), ou regroupement des résultats d'analyse sur le diagramme présenté par MASSON *et al*, en 1979, pour le Pays de Montreuil (fig. 30).

La méthode sort du cadre strict de l'approche pédogénétique du sol, mais elle a l'avantage de s'intégrer très facilement aux autres disciplines qui s'intéressent aux sols. Elle constitue à la fois un outil de recherche et d'adaptation de la connaissance des sols à l'application .

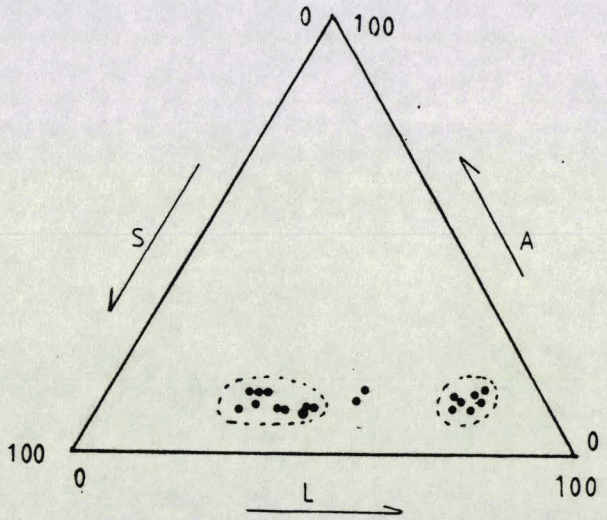
I - texture très grossière
II - texture grossière
III- texture moyenne
IV - texture fine
V - texture très fine



BU LILLE

Ce triangle de texture reflète l'existence de deux types de sédiments avec un apport d'éléments limoneux et argileux, et un deuxième apport de sables marins. Les limites de classes reflètent ainsi la présence d'éléments grossiers ou fins dans les sols.

Fig. 29 : Triangle de texture adapté à la Plaine Maritime des Wateringues. Nord de la France, (d'après SERVANT et al. 1972)



Ce diagramme montre le regroupement des textures en deux pôles principaux, l'un limoneux, l'autre sableux limoneux. Ces deux groupes déterminent au niveau des limons deux classes distinctes.

Fig. 30 : Diagramme des textures dans la région de Montreuil-sur-Mer. Nord de la France, (d'après MASSON et al. 1979).

1/ La gestion et la conception des études.

Cette façon d'approcher les sols est souple dans la mesure où elle permet de choisir pour chaque question posée par l'utilisateur la densité d'observations nécessaires; elle indique l'imprécision dans la connaissance du sol, fonction de la distance entre les observations. Il est possible dans une même continuité de dresser d'abord les cartes à échelle régionale pour la connaissance générale du milieu, et ensuite , par insertion progressive d'informations complémentaires, de réaliser les cartes à échelle locale nécessaires aux projets.

2/ L'analyse structurale.

Le système des coupes s'apparente dans une certaine mesure à la méthode d'analyse structurale, avec mise en place ou description de la structure de sol en trois dimensions (RUELLAN, 1983, RUELLAN *et al*, 1985, 1989, BOULET *et al*, 1982, a, b, c, BOULET *et al*, 1984-1985, 1989, FRITSCH *et al*, 1986, LAMOUROUX *et al*, 1989). Cette structure mise en place est celle des volumes élémentaires du sol que l'on veut faire apparaître dans la démarche de réalisation des coupes, blocs diagrammes et cartes. Il s'agit d'horizons au sens pédologique du terme, ou niveaux ou faciès au sens géomorphologique ou géologique du terme.

L'ensemble des techniques utilisées dans la Région du Nord ne constitue cependant pas une analyse structurale. En effet, celle-ci est une démarche de recherche, montée sur une surface restreinte d'un ou 2 ha, et qui exige un très grand nombre de sondages et d'observations morphologiques. A l'inverse, dans le Nord, s'il y a bien recherche des volumes occupés par les différents caractères du sol, c'est à dire d'une "structure", celle-ci est repérée initialement par un minimum d'observations, suffisantes pour répondre à une

question déterminée. La précision suffisante est atteinte progressivement en intercalant des observations entre les premières.

Il serait donc possible d'appeler l'ensemble des techniques utilisées dans la Région du Nord non pas " méthode structurale", mais "méthode progressive"

Elle est également évolutive dans la mesure où le cadre des informations levées (type de caractères) n'est pas complet et qu'il est possible de le faire évoluer et de le perfectionner, (en ajoutant par exemple à la liste d'autres symboles).

Il s'agit d'une approche analytique où la pédogénèse serait associée aux approches géomorphologiques, géologiques, agronomiques .

Il est intéressant de constater que cette méthode progressive a été généralisée dans la Région du Nord, où l'approche cartographique a fait l'objet , non pas de coupes et transects occasionnels, mais de coupes régulières et équidistantes dont l'écartement est fonction de la densité de sondages répartis régulièrement sur le territoire étudié. On aboutit ainsi à une perception de type statistique et systématique des volumes occupés par les éléments du sol.

En définitive l'on donnera donc à cette méthode l'appellation de "méthode progressive systématique". Ajoutons que ce type de méthode a permis de résoudre, et de gérer, avec une certaine facilité, l'ensemble des problèmes appliqués rencontrés depuis 1973 dans la Région du Nord de la France, avec la mise en place d'une cartographie adaptée au drainage, à la stabilité des ouvrages d'assainissement, au repérage des sols dans les études appliquées à l'érosion, au classement des terres dans le cadre de la C.D.T.A., etc.

VIII - LES FICHIERS ET BANQUES DE DONNEES DES SOLS.

Les fichiers de sols ont un lien commun, ils supposent tous un relevé et une gestion organisée des notations de caractères, tels que l'on puisse retrouver facilement l'information. Cette information aura été analysée, synthétisée, ou pourra se retrouver à l'état brut initial, avec toutes les imperfections que cela suppose.

1/ Les fichiers existant dans la région du Nord:

- Parmi les fichiers régionaux nous pouvons citer d'abord celui du Code Minier confié au B.R.G.M.. Les informations sur les sols sont souvent sommaires et se contentent de nommer le faciès (sable, limon, cailloutis, etc.), la couleur et la profondeur de la nappe. Sont jointes des indications ou mesures sur la résistance mécanique des matériaux

- Différents fichiers existent au hasard de levés cartographiques partiels réalisés par différents bureaux d'études, mais sans que leur centralisation soit assurée. Il s'agit, par exemple, des levés réalisés pour l'épandage des eaux résiduaires des industries agro alimentaires, de levés réalisés pour certaine études d'impact en vue du remembrement, etc..

- Le fichier "sol" du Service Régional de l'Aménagement des Eaux, Nord - Pas-de-Calais, a pour but la connaissance des sols en vue des utilisations suivantes :

* agronomie,
* environnement,
* aménagement agricole et rural,
* hydrogéologie de surface,
* pédologie,

* géologie,
* géomorphologie etc.

Le caractère analytique des données permettra dans le futur la gestion informatique de ce fichier, dans un but de synthèses cartographiques ou d'expressions diverses appliquées de la connaissance des sols (cartes partielles sur le drainage, l'érosion, les sols instables, ou coupes géotechniques, etc.).

Dans sa forme actuelle ce fichier permet d'affiner les données incomplètes fournies par chaque prospection partielle.

Cette démarche d'élaboration d'une banque de données est complémentaire des systèmes de cartographie déjà largement développés en France.

2/ Le fichier S.T.I.P.A. et le C.N.I.G.

- Le fichier S.T.I.P.A. , élaboré par l'I.N.R.A. (BERTRAND *et al*, 1979, 1984, BONNERIC *et al*, 1985) concerne essentiellement la description codifiée des fosses pédologiques. Cette codification est réalisée parallèlement à celle prévue pour le fichier régional dans le but de corrélation au niveau national, Elle est réalisée dans le cadre de secteurs de référence ou d'autres études chaque fois qu'un profil sur fosse pédologique est décrit.

- Il convient de souligner les travaux du Conseil National d'Information Géographique (C.N.I.G.), dont la démarche vise à promouvoir le développement de l'information géographique et par delà d'élaborer une normalisation des formats d'échange de données géographique numériques (J.O. Décret du 26 juillet 1985, A.C.C.T., 1978, ALVARES CORREA, 1982). Cette démarche est intéressante car elle permettra à terme de faire des synthèses avec d'autres disciplines que celles intéressant uniquement les sciences du sol.

CONCLUSION

L'approche réalisée dans la Région du Nord combine des démarches se rattachant à la pédologie, la géologie et la géomorphologie, et permet d'induire des éléments de recherche pour chacune des disciplines.

La méthode analytique utilisée, permet une gestion très souple des informations, elle autorise toute démarche de classement ou de classification des sols, en appliquant aux informations brutes les critères correspondant (caractères relevant d'un processus pédogénétique, calage d'une analyse granulométrique dans un triangle de texture, par exemple). Il en est comme en photographie où l'on peut appliquer devant un paysage des filtres successifs.

CONCLUSION DE LA Ière PARTIE

Nous avons vu que l'organisation du levé et les méthodes d'analyse des données dans la Région du Nord de la France, permettent la cartographie tout à la fois des formations superficielles et des sols qui s'y sont développés. Le relevé analytique des caractères du sol, ainsi que la méthode progressive autorisent une approche de type statistique des sols. Elles ouvrent des perspectives pour la connaissance scientifique des sols et l'analyse des techniques qui s'y rapportent, ce que nous verrons dans les chapitres suivants des II•••• et III•••• parties.

DEUXIEME PARTIE

RELATION ENTRE SOLS ET FORMATIONS SUPERFICIELLES DANS LA REGION DU NORD DE LA FRANCE

Approche microrégionale à l'échelle de plusieurs petites régions naturelles

INTRODUCTION

La gestion raisonnée de l'espace rural, naturel ou urbain, passe par une bonne connaissance de la nature, de la répartition et du comportement des sols. Mais ces éléments résultent, non seulement de l'évolution pédogénétique des matériaux originels, ils sont aussi conditionnés fortement par la nature et la distribution des formations superficielles sous jacentes à la couverture pédologique.

Il est donc nécessaire d'étudier en détail les relations existant entre les sols et la couverture quaternaire qui les supporte (lithostratigraphie, héritage, chronologie des sols).

L'objectif de cette deuxième partie est de rendre compte des résultats de telles études, menées dans les différentes petites régions naturelles du nord de la France.

Après une vue générale sur les formations et les sols de la Région du Nord (chapitre I), nous aborderons successivement les chenaux sableux de la Plaine maritime (chapitre II), la bordure intérieure de la Plaine maritime (chapitre III), les sols de la Flandre intérieure (chapitre IV), la Plaine de la Lys et ses bordures (chapitre V), la Plaine de la Slack (chapitre VI), les paléosols du Haut Pays (chapitre VII).

CHAPITRE I

TRAITS PEDO-GEOLOGIQUES PRINCIPAUX DE LA REGION DU NORD DE LA FRANCE.

Dans la mosaïque de petites régions naturelles constituant le Haut et le Bas Pays, la genèse des sols est liée à plusieurs facteurs prépondérants. Les uns se rapportent au relief, ainsi qu'à la nature, à l'origine, et aux conditions de dépôts des formations superficielles. Il s'agit aussi de la perméabilité plus ou moins importante du substrat antéquaternaire, qui, avec l'altitude, détermine le drainage naturel des sols et leur évolution. D'autres se rapportent aux conditions climatiques modérées, et notamment, à la relative faiblesse des précipitations.

Ceci nécessite une approche des sols qui passe dans un premier temps par la connaissance du relief, puis par la géologie des formations superficielles.

I - LE RELIEF.

La Région du Nord de la France se présente comme une région aux reliefs incertains, de faible amplitude (BLANCHARD, 1906), d'altitude relativement basse, atteignant rarement 200m.

Le relief présente, toutefois, suffisamment de contrastes pour individualiser des paysages distincts, formant, selon SOMME (1977), une véritable marqueterie de petites régions. La figure 31 complète la carte établie par GOSSELET et reprise par SOMME en 1977. Ce document localise une vingtaine de petites régions.

La principale distinction issue du relief est celle séparant d'une part le Haut Pays, avec les hauteurs de l'Artois à l'extrémité du relèvement du Plateau picard, et d'autre part le Bas Pays , zone dépressionnaire formant l'extrémité Sud-Ouest d'une grande plaine du Nord de l'Europe (SOMME, 1977) (fig. 32).

1/ Le Haut Pays.

Le Haut Pays peut être délimité par la courbe de niveau 80 m (SOMME, 1977). La bordure Nord-Est, faillée, détermine un versant aux pentes vigoureuses, descendant vers le Bas Pays, et assurant la transition entre ces deux domaines distincts (BLANCHARD, 1906, GOSSELET, 1892).

Les hauteurs suivent une orientation Nord Ouest/Sud-Est, correspondant à l'axe de l'Artois. Cette petite région se prolonge au Nord-Ouest par le Boulonnais et le pays de Licques, au Sud-Ouest par le Cambrésis où les altitudes s'abaissent légèrement (Seuil de Bapaume). Le Hainaut et la Thiérache terminent ensuite l'alignement des hauteurs. Du Boulonnais à la Thiérache les altitudes des sommets des plateaux dépassent fréquemment 180 m. Elles s'abaissent

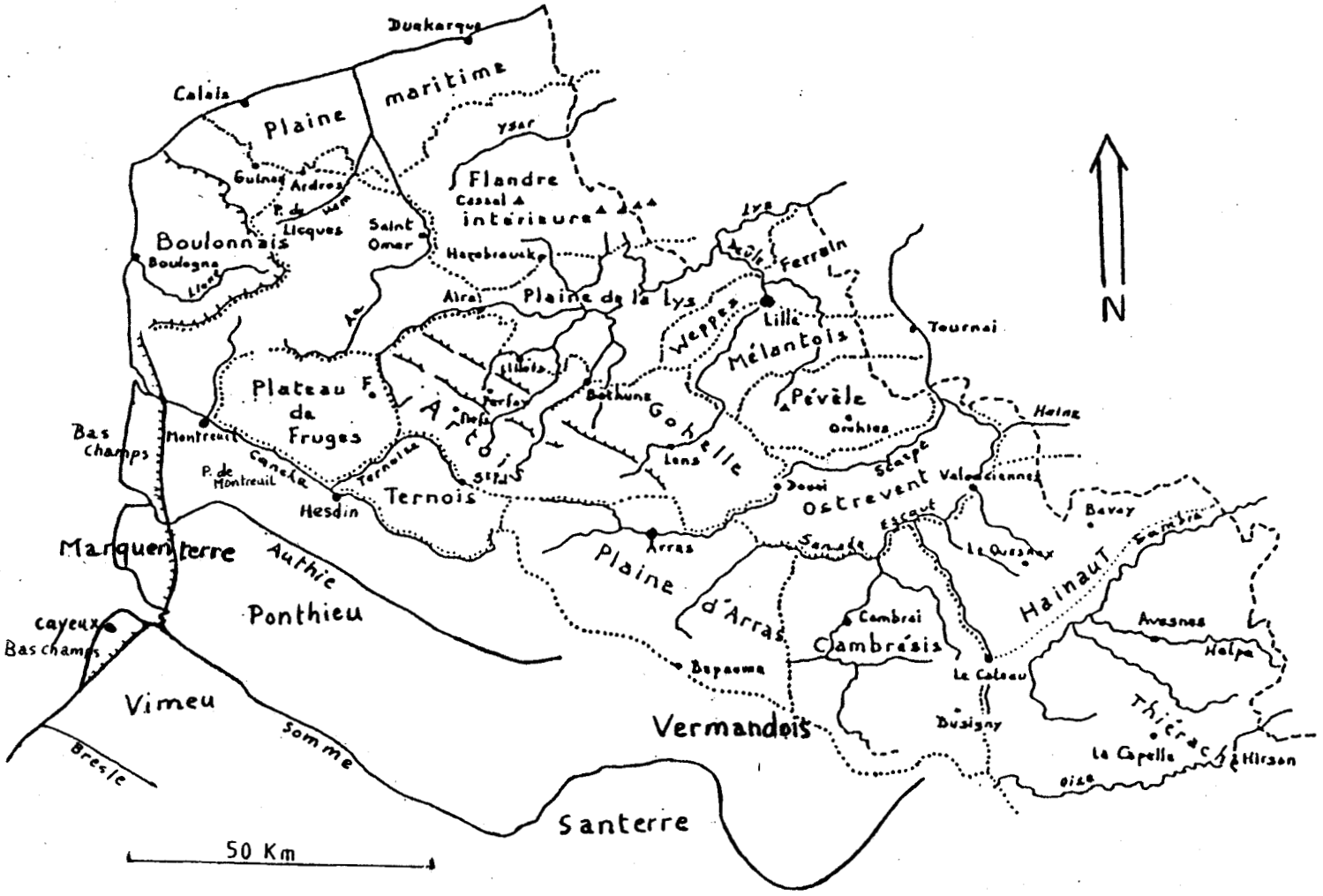
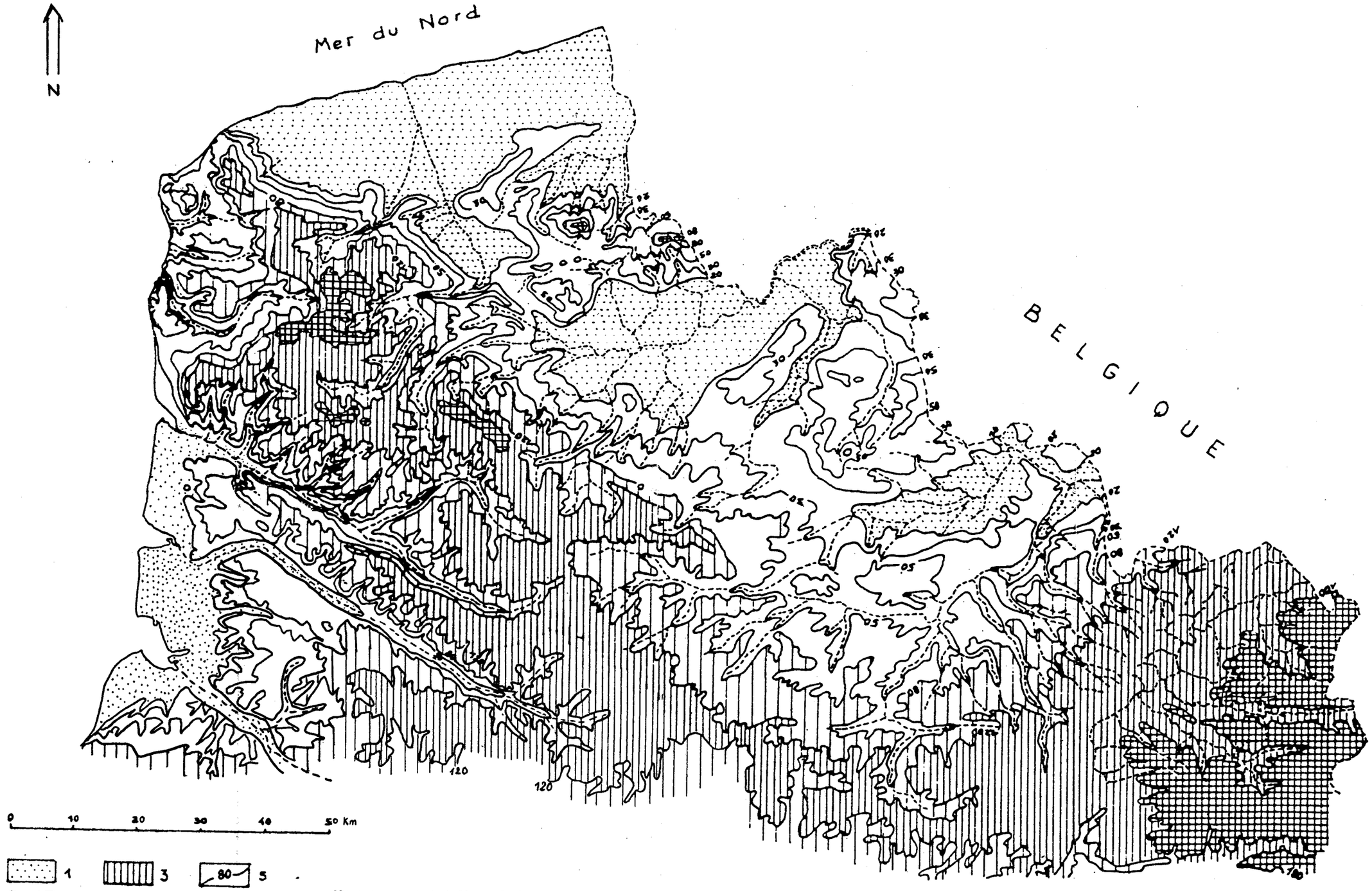


Fig. 31 : Les régions du Nord de la France

(d'après J.GOSSELET, J.SOMME, 1977 et complément F.X.MASSON)



Altitudes: 1. inf. à 20 m - 2. 80 à 120 m - 3. 120 à 180 m - 4. sup. à 180 m
5. isohypse de 20, 50, 80, 120 et 180 m - 6. cours d'eau.

Fig. 32 : Carte oro-hydrographique du Nord de la France

(d'après J.SOMME 1977, complément F.X. MASSON)

toutefois vers 130 m au niveau du Seuil de Bapaume (SOMME, 1977).

2/ Le Bas Pays .

Au Nord-Est du Haut Pays, se situe le Bas Pays (SOMME, 1977), ensemble de plaines basses et de faibles reliefs dont l'altitude ne dépasse généralement pas 50 à 60 m. Seules les collines de Flandre présentent un relief de quelque vigueur, leur altitude atteint et dépasse parfois 150 m: Cassel 176 m , Mont des Récollets 159 m, Mont des Cats 164 m, Mont Noir 150 m (SOMME, 1965 a, 1977).

Dans le Bas Pays un ensemble de dépressions s'orientent perpendiculairement à l'axe de l'Artois et sont limitées vers le Sud-Ouest par le versant descendant du Haut Pays.

Trois grandes dépressions se succèdent ainsi du Nord-Ouest vers le Sud-Est: La Plaine maritime des Wateringues, d'altitude voisine du niveau de la mer, les Plaines de la Lys et de la Scarpe dont les surfaces ont une cote légèrement inférieure à 20 m N.G.F. Une quatrième dépression, la vaste vallée de la Sambre présente la même orientation, mais forme une dépression perchée sur les hauteurs du Hainaut à l'altitude de 130 m N.G.F. Ses caractéristiques sont celles d'une plaine alluviale étroite à fond plat. Les vallées de la Sensée et de la partie moyenne de l'Escaut ne forment qu'une gouttière au bas du versant descendant de l'Artois.

Ces plaines basses du Bas Pays présentent une surface sub-horizontale. La plaine maritime présente en arrière des dunes littorales une surface basse descendant en faible pente (de 3 m à 0 m N.G.F.) vers la bordure continentale. Seuls existent quelques petits reliefs (5-7 m) dans le Calaisis et la région des Moëres. La Plaine de la Lys forme une vaste dépression au contour géométrique. La platitude de la plaine

légèrement plus basse au centre (20 m à 16 m) contraste avec les talus des bordures dont les pentes peuvent atteindre 20 %. La Plaine de la Scarpe (19 m - 17 m) correspond au même modèle que la Plaine de la Lys (SOMME, 1977).

Les plaines basses alternent avec des secteurs dont l'altitude est légèrement supérieure, présentant un ensemble de quelques reliefs modestes et de faible amplitude à l'exception des collines de Flandre, et de quelques buttes isolées de moindre ampleur. (Montagne de Watten, Mons en Pévèle, Oisy le Verger). Il s'agit donc d'un ensemble de plaines plus ou moins ondulées aux altitudes souvent inférieures à 50 m et aux pentes faibles le plus souvent inférieures à 6 %, et quelques rares talus dont les pentes sont comprises entre 10 et 20 %. Ces secteurs sont également caractérisés par la dissymétrie des vallées, les versants les plus raides étant orientés vers l'Ouest. (SOMME, 1969, 1977).

On distingue ainsi la Flandre intérieure ou Houtland qui sépare la Plaine maritime de la Plaine de la Lys. Intercalée entre la Plaine de la Lys et celle de la Scarpe se situe la région de Lille qui comprend le Ferrain, le Weppes, le Pévèle et le Mélantois auxquels on peut adjoindre la Gohelle. Le Hainaut ou Pays de Nervie amorce les hauteurs du Haut Pays et s'intercale entre la Scarpe et la Sambre. Au delà de la Sambre nous retrouvons le Haut Pays qui se prolonge avec la Thiérache.

3/ Les Bas Pays côtier de la façade littorale ouest.

A l'Ouest du Haut Pays se situent un ensemble de plaines maritimes comprenant les Bas Champs, le Marquenterre, les Bas Champs Picards, également à l'Ouest du Boulonnais la petite plaine maritime de la Slack et celle de Wissant située entre le Cap Gris Nez et le Cap Blanc Nez.

II - GEOLOGIE REGIONALE.

La Région du Nord de la France doit en partie son originalité aux dépôts de couverture quaternaires qui masquent l'ensemble des autres formations. Nous avons schématisé les données en 3 périodes:

- les dépôts marins holocènes ou flandriens,
- les formations de couvertures pléistocènes continentales,
- les formations antéquaternaires.

Pour la chronologie des dépôts quaternaires, l'on se référera à l'annexe I.

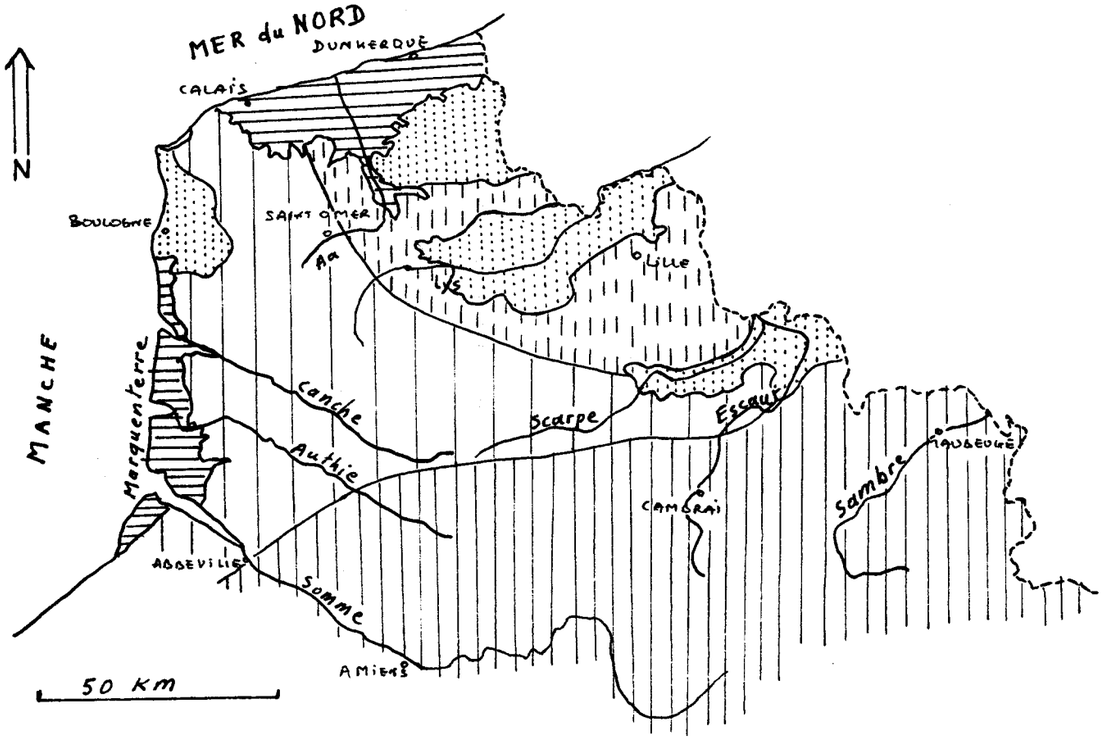
1/ Les dépôts marins holocènes ou flandriens. (fig. 33 a)

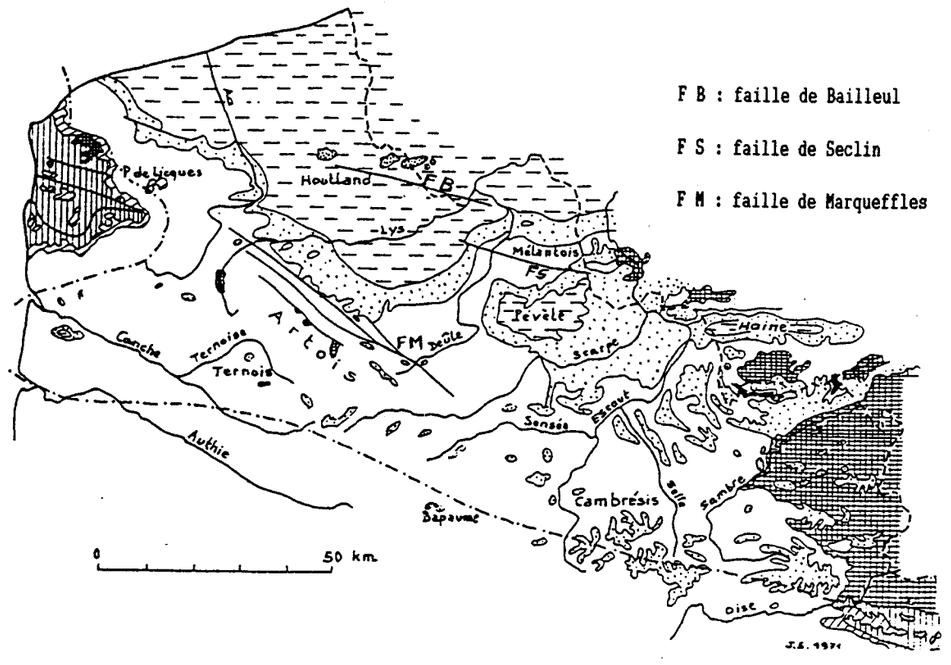
Les formations holocènes du Nord de la France correspondent aux dépôts marins de la transgression flandrienne. Il existe plusieurs plaines maritimes constituées des dépôts d'origine marine (sables), d'alluvions et de formations d'origine continentale (limon argileux, argiles limoneuses, tourbes).

Il s'agit de la Plaine maritime des Wateringues, de la Plaine de Wissant, de la Plaine de la Slack et des Bas Pays Picards. La cuvette de St Omer peut pour partie être adjointe à la Plaine maritime des Wateringues, bien que compte tenu de nombreux caractères, l'origine des sédiments puisse être considérée comme continentale (limons et tourbes).

2/ Les formations continentales pléistocènes et holocènes. (fig. 33 b)

La couverture pléistocène ennoie les reliefs et augmente ainsi l'impression de monotonie de la région. Elle recouvre les formations antéquaternaires dont les affleurements sont quasiment inexistants.





LEGENDE

1 . Holocène marin et formations associées.

2 . Sables et limons (zone de transition entre la zone sableuse et la zone loessique)

3 . Loess typique de couverture (supérieur) reposant sur des formations sablo-limoneuses.

4 . Loess typique

5 . Loess typique (récent) et loess à doublets ou loess lités (moyen).

a/ carte des formations holocènes et pléistocènes. Région du Nord de la France (d'après PAEPE et al, 1970, SOMME 1977, JAMAGNE et al, 1981).

1. Eocène moyen et supérieur — 2. Yprésien — 3. Landénien — 4. Crétacé supérieur — 5. Crétacé moyen et inférieur — 6. Jurassique — 7. Paléozoïque 8. Limite d'extension du Jurassique — 9. Failles principales.

b/ carte géologique sommaire du substrat antéquaternaire du Nord de la France (d'après SOMME, 1977)

Fig. 33 : Géologie de la région du Nord de la France.

L'évolution pédologique des formations pléistocènes est fortement déterminée par la nature du substrat (dépôts antéquaternaires), en raison notamment de son influence sur le drainage naturel et l'humidité des sols.

Les formations superficielles sont formées pour l'essentiel de limons éoliens datant du Quaternaire moyen et supérieur (SOMME, 1977). L'épaisseur de cette couverture peut varier de quelques décimètres à 15 - 25 m dans certains cas. Elle varie notamment en fonction du relief: vallée, versant, plateau, etc. On observe également une augmentation d'épaisseur de la couverture limoneuse d'Ouest en Est.

Sont associés à cette couverture les différents dépôts fluviatiles holocènes des dépressions, plaines ou vallées, et les terrasses de cailloutis. Sont inclus également les matériaux anciens remaniés (sables ou argiles, limons roux à silex, etc.). Signalons également que la distinction entre les dépôts de couverture et le "substrat" constitué des formations antéquaternaires, peut être délicate dans la mesure où les matériaux antéquaternaires sont parfois meubles (sables et argiles), et peuvent être partiellement remaniés.

3/ Les formations antéquaternaires. (fig. 33 b, p. 115)

Il existe une plaine du Nord bordée par les hauteurs de l'Artois. Cet ensemble correspond à une structure élémentaire, l'anticlinal de craie secondaire de l'Artois et le bassin tertiaire de sables et d'argiles.

Les pays de la craie dans leur ensemble appartiennent au Haut Pays: Haut Boulonnais, Artois, Cambrésis, Hainaut et bordures de la Picardie.Deux petites régions font exception à ce schéma général et s'étendent sur le Bas Pays: la Gohelle, zone de transition entre le Haut et le Bas Pays, et le Mélantois (dôme du Mélantois).

Sur le Haut Pays s'étendent aussi, dans la région de

la craie, quelques lambeaux ou témoins tertiaires (Landénien) qu'on retrouve également en Picardie.

A l'extrémité Nord-Ouest du Haut Pays, le Bas-Boulonnais comprend essentiellement des terrains jurassiques et quelques affleurements primaires. Au Sud-Est de l'Artois, la Thiérache comprend des formations primaires: calcaires, schistes et grés, donnant par altération des argiles et des sables.

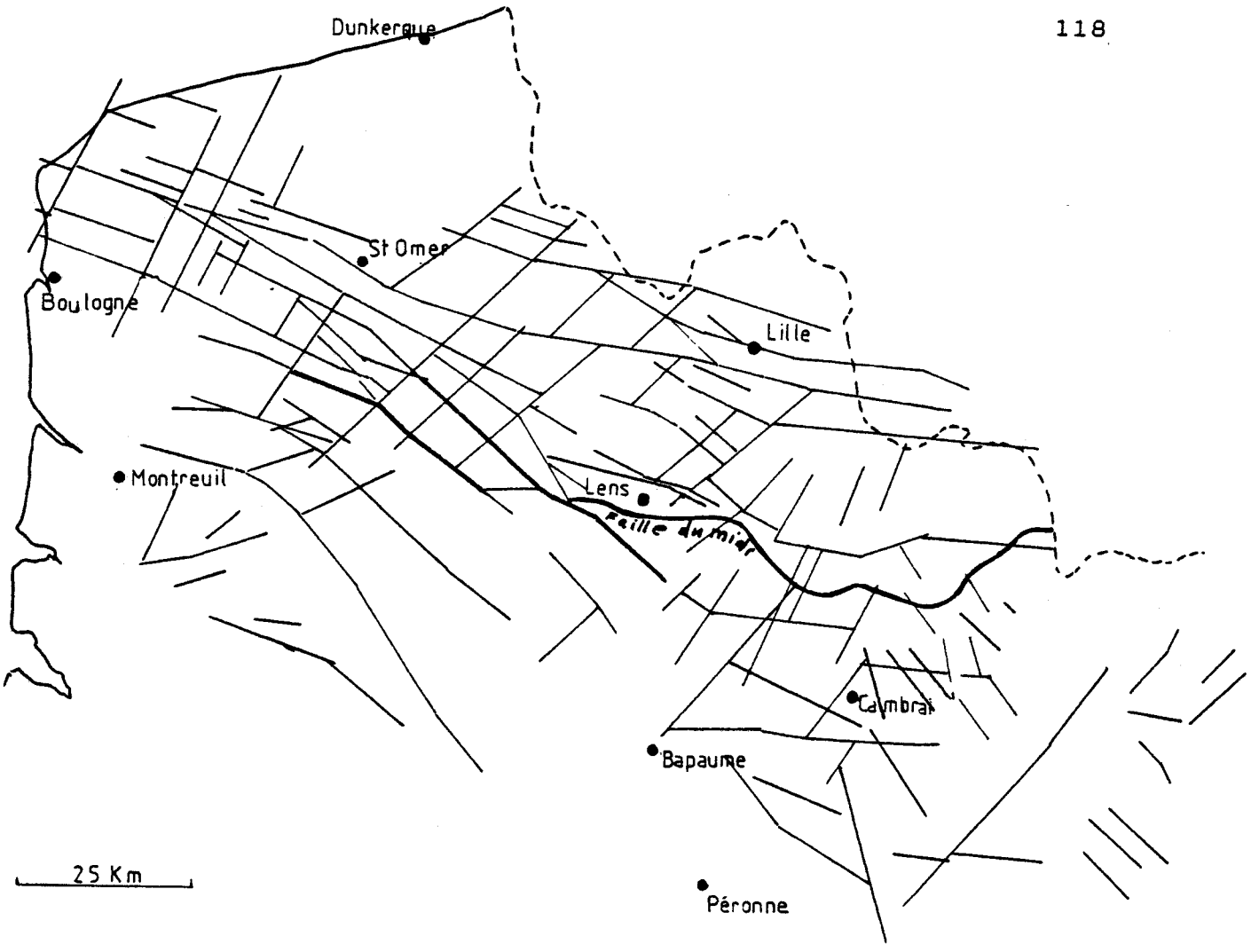
Le Bas Pays, à l'exception du Mélantois et de la Gohelle, correspond à des dépôts tertiaires landéniens (Hainaut pour partie, et Scarpe) et yprésiens (Plaine de la Lys, Pévèle et Ferrain, Weppes, Flandre intérieure et Plaine maritime.)

Dans la Flandre, le sommet des buttes témoins des Monts Cassel, des Récollets et des Cats, est formé de matériaux sableux et argileux (du Lutétien, du Bartonien et du Diestien). A l'extrémité occidentale du Pays de Licques, les Noires Mottes s'apparentent à cet alignement de buttes témoins.

4/ La tectonique.

La Région du Nord est découpée par un jeu très important de failles (fig. 34). Un premier système de failles d'orientation Nord Ouest - Sud Est, souligne les principales masses de relief, notamment le haut pays de l'Artois.

Un autre système de fractures privilégie la direction Nord-Est/Sud-Ouest et détermine ainsi une tectonique de blocs. Ce dispositif entraîne un morcellement de la région (SOMME 1967 a, SOMME, 1977, COLBEAUX *et al*, 1977, 1978, COLBEAUX, 1984).



Les failles s'orientent principalement suivant un axe Nord-Ouest/Sud-Est. Elles sont recoupées par un deuxième système orienté du Nord-Est vers le Sud-Ouest, déterminant ainsi un ensemble de blocs.

Fig. 34 : Principales failles affectant la région du Nord de la France (d'après DELATTRE et al, 1973, COLBEAUX et al, 1977, SOMME 1980)

III - HYDROGRAPHIE.

Le réseau hydrographique (fig. 35) est orienté essentiellement dans deux directions, Nord-Ouest/Sud-Est et Nord-Est/Sud-Ouest. Il souligne l'orientation des principaux reliefs. Il concorde également avec les grandes lignes du système de failles fracturant la Région du Nord. Il apparaît ainsi un système de quadrillage qui marque surtout l'ensemble des petites régions du Bas Pays, (SOMME, 1977).

Parallèles à l'axe de l'Artois, on observe successivement les vallées de la Somme, de l'Authie, et de la Canche. Les autres rivières principales s'orientent le plus souvent perpendiculairement à l'Artois selon une direction Sud-Ouest/Nord-Est. Cette orientation est celle de la Hem, de l'Aa à l'amont de St Omer, de l'Yser, de la Lys, de la Scarpe, à l'aval de Douai, de l'Escaut, de la Sambre. La Scarpe d'Arras et la Sensée constituent une gouttière au bas du versant de l'Artois et sont orientées Ouest/Est.

Les rivières du Boulonnais suivent ces mêmes orientations; les nombreux coudes à angle droit du réseau font apparaître un paysage découpé à l'extrême, image en réduction du réseau de fractures orthogonales morcelant la Région du Nord.

IV - LE CLIMAT

La Région du Nord se caractérise par un climat soumis à l'influence maritime, avec des pluies bien réparties, des précipitations et des températures modérées, (BIAYS, 1968).

Les hauteurs de précipitations, comme le montre la figure 36, varient toutefois entre le Haut Pays et le Bas Pays (DACHARRY et PETIT-RENAUD, 1982).

Les précipitations sont plus abondantes sur les hauteurs, dépassant fréquemment 700 mm, pour atteindre plus de 1000 m dans le secteur de Réty dans le Boulonnais. Seul le

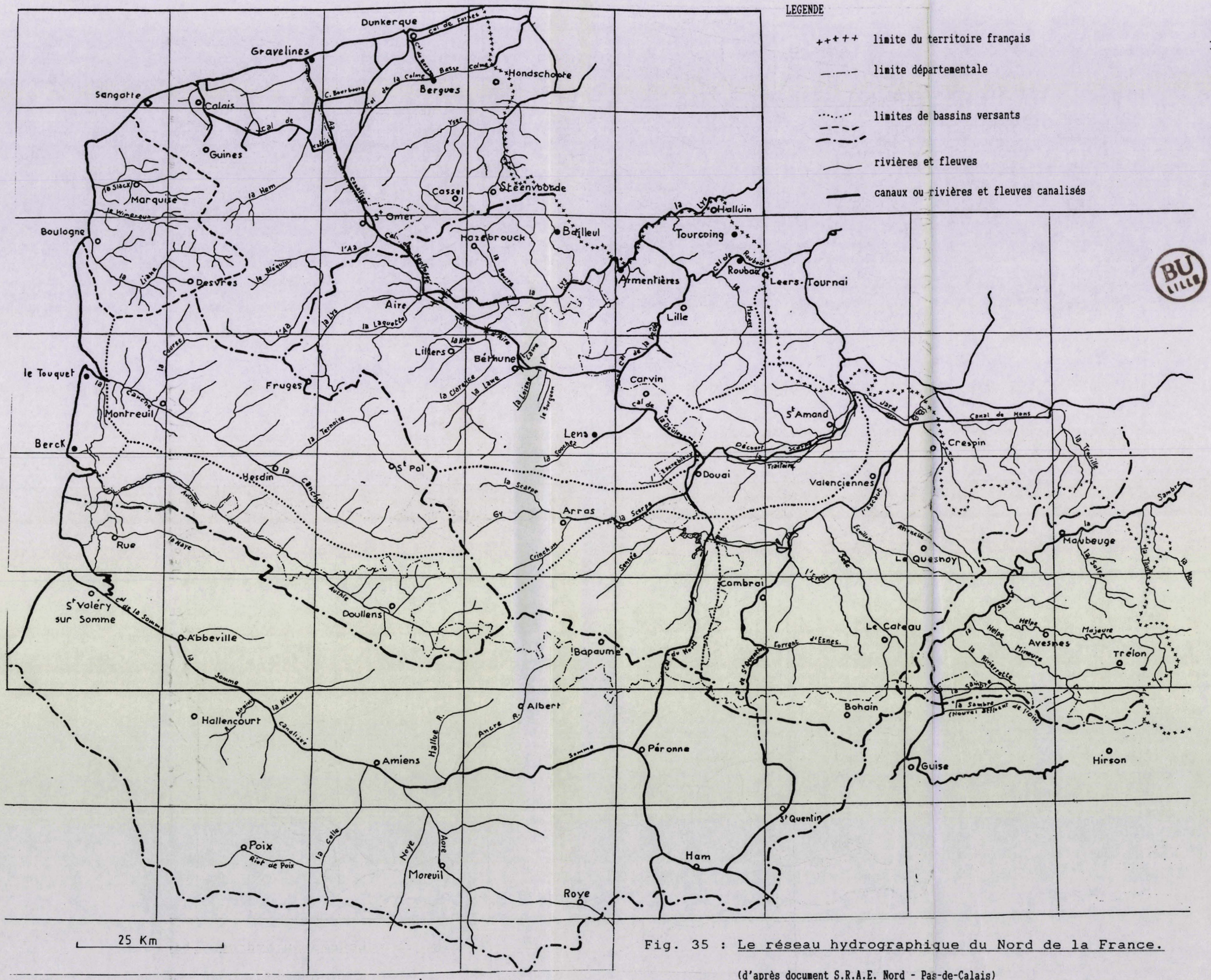


Fig. 35 : Le réseau hydrographique du Nord de la France.

(d'après document S.R.A.E. Nord - Pas-de-Calais)

COURBES ISOHYETES ANNUELLES (Tracées par interpolation) G·PETIT·RENAUD (1967 à 1979)

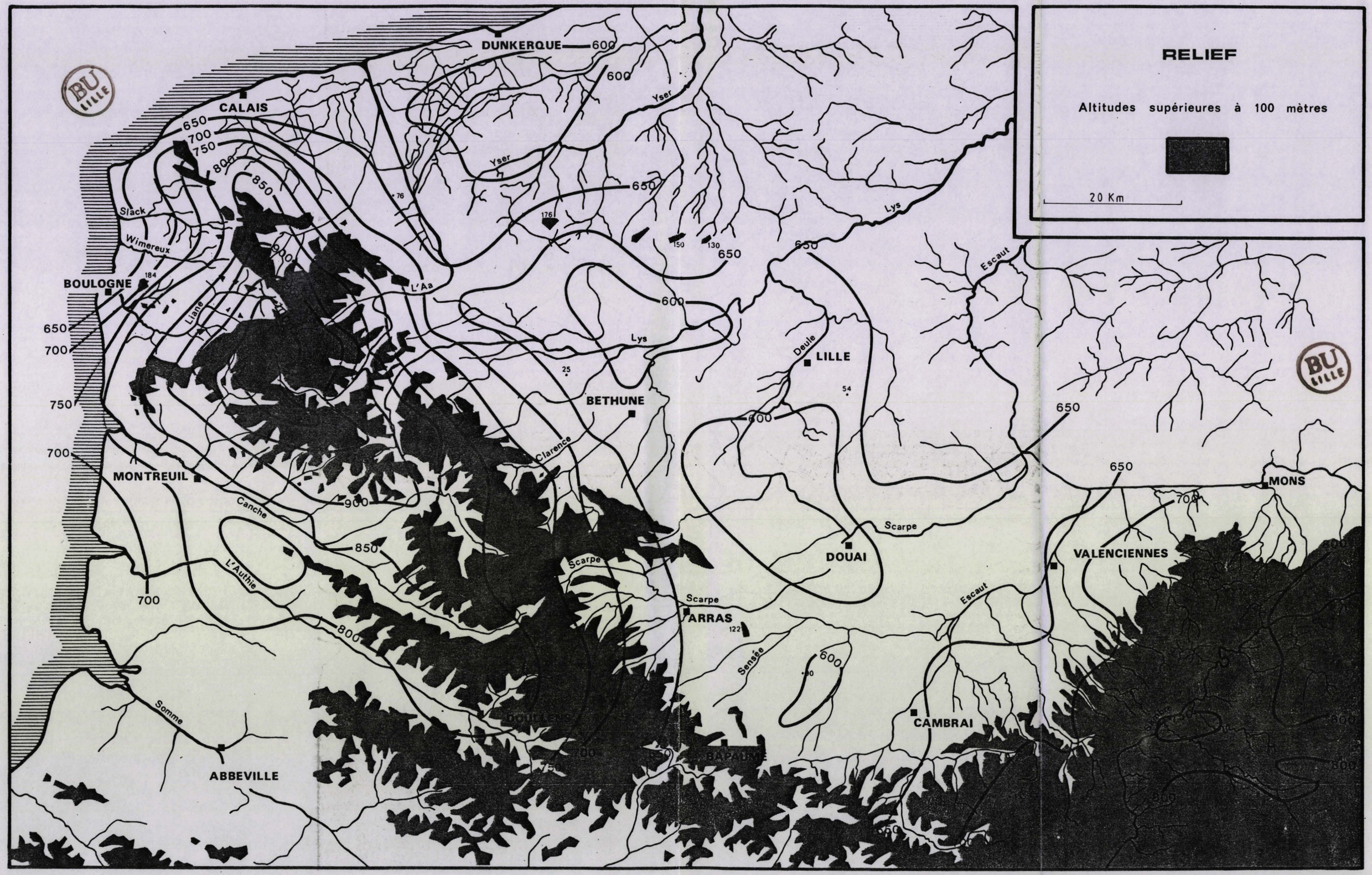


Fig. 36 : Courbes isohyètes annuelles (1967 à 1979) (DACHARRY et PETIT - RENAUD 1982)

secteur de Bapaume, d'altitude plus basse, fait exception dans le Haut Pays avec des précipitations de l'ordre de 650 mm.

Les zones littorales ont des précipitations de l'ordre de 650 à 700 mm.

Le Bas Pays, protégé par le Haut Pays des vents dominants humides de l'Ouest et du Sud-Ouest, est relativement moins arrosé. Les précipitations varient entre 600 et 650 mm.

Les températures sont modérées, sans excès avec un nombre de jours de gelée peu important. A Lille-Lesquin, la température moyenne annuelle est de 9°9, et les températures moyennes maximales n'excèdent pas 22°1, comme l'indique le tableau suivant.

DONNEES CLIMATOLOGIQUES MENSUELLES (Station de Lille-Lesquin)
(Extrait du Bulletin Climatologique mensuel du département du Nord.
Météorologie Nationale, S.M.N. Région Nord.)

de 1945 à 1984	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyennes annuelles
T° moyenne	2°6	3°4	6°1	8°8	12°4	15°3	17°2	17°2	15°0	10°8	6°2	3°5	9°9
Moyenne des T° min. quotidiennes	0°1	0°5	2°3	4°3	7°6	10°3	12°2	12°2	10°4	6°9	3°5	1°0	5°9
Moyenne des T° max. quotidiennes	5°0	6°3	9°8	13°3	17°2	20°2	22°1	22°1	19°6	14°7	9°0	5°9	13°8
Moy. nb jours de gelée < 0°	14	12	8	3	0,4	0,03	0	0	0	1	6	12	56,4 j
Moy. nb jours de gelée < - 5°	4	3	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0,3	3	10,9 j
Moy. nb jours T° max. > 25°	0	0	0	0,2	1,6	4	7	6	3	0,1	0	0	21,9 j
Moy. nb jours T° max. > 30°	0	0	0	0	0,05	0,6	1,5	1	0,2	0	0	0	3,35 j
Durée totale insolation (h) (sur 38 années)	54	75	121	165	194	209	198	189	154	113	57	42	1571 h
Moyenne des précipitations (mm)	46	41	44	42	55	61	57	59	57	55	62	59	638 mm
Durée des précipitations (sur 29 années)	96	77	79	64	61	58	50	46	53	72	95	102	853 h
Nb de jours avec précipitations (au moins 0,1 mm/24h)	17	15	15	14	15	13	13	14	14	14	17	17	178 j
Nb de jours où le sol a été plus qu'à moitié couvert de neige	6	4	2	0,2	0	0	0	0	0	0	0,7	3	15,9 j
Nb de jours avec vent fort vit. max. > 16m/s	6	5	5	5	3	2	1,9	2	3	3	5	6	46,9 j

A ces caractères climatiques correspond une végétation forestière naturelle de type atlantique tempérée, dont il ne subsiste que quelques témoins représentant une faible partie du territoire, et qui est remplacée généralement par les cultures. Parmi les essences représentées, citons le chêne, le hêtre, l'aulne, l'orme, le charme.

V - LA MOSAIQUE DES SOLS.

L'ensemble des facteurs signalés précédemment détermine une mosaïque de paysages dont nous présentons ci-après les grandes lignes, ainsi que les principales caractéristiques des formations plus ou moins affectées par les processus pédogénétiques. Les sols sont décrits ici comme une superposition de dépôts superficiels sur lesquels se sont surimposés, à des degrés divers, des caractères pédogénétiques.

1/ Les plaines basses des Flandres et de la façade littorale ouest.

Les plaines basses du Bas Pays, situées au Nord-Est de l'Artois, comprennent du Nord-Ouest au Sud-Est: la Plaine maritime de la Mer du Nord, la Plaine de la Lys, la Plaine de la Scarpe. On assimile à ces plaines du Bas Pays, la vaste vallée de la Sambre. A l'Ouest de l'Artois sur la façade littorale de la Manche, s'étendent les plaines maritimes de la région picarde.

La Plaine maritime des Wateringues.

Cette plaine constitue un marais contraire dans lequel la sédimentation sableuse d'origine marine est interstratifiée avec des dépôts fins d'origine continentale:

tourbe, limon, argile, tufs calcaires (DUBOIS *et al*, 1922, DUBOIS, 1924, WATERLOT, 1968, SOMME *et al*, 1976, SOMME, 1977, MASSON, 1976, 1979, PAEPE, 1960, LEPLAT *et al*, 1989 a et b).

Mis à part les cordons de dunes littorales qui atteignent parfois 20 m N.G.F.(1). l'altitude de la plaine est d'environ 1 à 2 m N.G.F.. Elle varie de 3 m N.G.F. à proximité du littoral (au pied des dunes) à 0 m N.G.F. dans la bordure continentale, elle est parfois inférieure à 0 m N.G.F. dans les zones de cuvettes. Le point le plus bas se situe dans les Moëres, avec une altitude légèrement inférieure à - 2 m N.G.F.

On observe fréquemment dans la plaine des matériaux sableux et parfois recouverts par une sédimentation fine terminale: limon, limon argileux, argile limoneuse.

La zone du Marais comprend des formations argileuses et tourbeuses, parfois interstratifiées avec des tufs calcaires, essentiellement dans le Calaisis.

Les sables affleurent dans la zone des dunes actuelles et sub-actuelles, sur les sites des anciens cordons littoraux et des anciens chenaux de marée actuellement en position topographique inversée.

Les sols sont peu évolués, ils sont caractérisés essentiellement par la présence d'un horizon humifère reposant souvent directement sur le matériau parental (SERVANT, 1973) Ces sols sont marqués par l'humidité. Le drainage de cette plaine est assuré artificiellement par un système de canaux et de pompes.

Les plaines maritimes de la région picarde.

Ces plaines se situent aux débouchés des fleuves côtiers Canche - Authie - Somme.

Leur altitude (3 à 4 m N.G.F.) est plus élevée que celle de la Plaine des Wateringues (1 à 2 m N.G.F.).

(1) N.G.F. - Nivellement Général de la France.

Il s'agit également d'un système de marais contraires protégés de la mer par des cordons côtiers et des digues (BRIQUET, 1930 , DESTOMBES *et al*, 1974, MASSON *et al*, 1987)

On observe des sols récents formés sur des sédiments fins recouvrant des sables, et aussi des zones de tourbes à proximité du versant continental. Ces sols sont marqués par l'hydromorphie.

La Plaine de la Lys.

La Plaine de la Lys présente une surface subhorizontale variant entre 16 m et 20 m d'altitude. Cette région se rattache à la zone de transition sablo-limoneuse des dépôts éoliens loessiques (PAEPE *et al*, 1970, JAMAGNE *et al*, 1981)

Elle comprend dans sa partie Sud un ensemble de sites d'interfluves, recouverts jusqu'à leur sommet par des dépôts limono-argileux à argilo-limoneux (SOMME, 1977). Dans les zones où le substrat de la plaine est sub-affleurant, et suivant sa nature (sables landéniens ou argiles yprésiennes), les dépôts reposent à faible profondeur sur des matériaux argileux (Hinges) ou sableux (Violaines, Busnes) (DELATTRE *et al*, 1960, LEPLAT *et al*, 1984).

Le drainage est imparfaitement assuré par la Lys et ses affluents, qui assurent un écoulement insuffisant en cas de crue.

Au delà de la région d'Armentières et au niveau de la confluence avec la Deûle, la plaine se rétrécit et les vallées s'encaissent. Les matériaux observés dans cette zone comprennent des limons faiblement argileux reposant sur des sables. Les sols de la Plaine de la Lys présentent généralement un début de brunification des matériaux avec décarbonatation du sommet du profil sur 0,8 m à plus de 1 m, surmontant un horizon d'accumulation calcaire (Cca), avec présence de concrétions (sol brun calcique). Les sols sont

également marqués par l'hydromorphie (bariolage de taches rouille et blanchâtres), avec une nappe remontant fréquemment en hiver à moins de 0,3 m de la surface du sol. On observe généralement un remaniement partiel des horizons supérieurs par l'élaboration ancienne d'ados rectangulaires de grande taille (30 m de large et 100 m de long). Ces ados ont été dressés par la technique de labours concentriques, dans les parcelles de petites dimensions travaillées anciennement à l'aide du cheval. Ils peuvent atteindre 0,8 m de hauteur. La mécanisation actuelle et le parcellaire de plus grande dimension provoquent l'arasement progressif de ces aménagements et un nouveau remaniement des horizons de surface.

La Plaine de la Scarpe.

La Plaine de la Scarpe étudiée par FOURRIER (1989) comprend des terrains formés essentiellement de sables limoneux. Quelques formations tourbeuses caractérisent le centre de la plaine, à proximité du cours de la Scarpe (DESOIGNIES, 1966, DESOIGNIES *et al*, 1973, KOSZAREK, 1981, FOURRIER *et al*, 1982, FOURRIER, 1989). FOURRIER (1989) indique que la Plaine de la Scarpe forme une dépression d'assez faible profondeur comblée par des dépôts sableux et limoneux d'origine alluviale et éolienne.

FOURRIER signale la présence d'une sédimentation terminale, souvent fine, qu'il intègre dans le dispositif des derniers dépôts éoliens limoneux, avec un développement de sol brun faiblement lessivé. De nombreuses prospections, réalisées lors d'études préalables aux opérations de drainage ont montré que cette sédimentation (limono-sableuse ou limono-argileuse) recouvre souvent les sables et les autres formations de la plaine (BILLIONNET *et al*, 1986, FOURRIER *et al*, 1981). Cependant, les caractères des dépôts et leur évolution (sols hydromorphes moyennement consolidés) semblent montrer une mise

en place, en phase humide et relativement tardive, des derniers sédiments.

Quelques formations tourbeuses caractérisent le centre de la plaine à proximité du cours de la Scarpe. FOURRIER *et al*, 1981, KOSZAREK, 1981)

La Vallée de la Sambre.

Nous l'assimilons ici à une plaine basse en raison des caractéristiques des matériaux et des sols, et ceci bien que son altitude soit d'environ 130 m.

Cette plaine étroite est caractérisée par des alluvions argilo-limoneuses ou limono-argileuses hydromorphes. Le sol présente un bariolage de taches rouille orangé et blanchâtres sur 0,6 m de profondeur et une réduction des matériaux (couleur bleutée) au delà. (MASSON, 1981 a).

2/ Les zones hautes à substrat argileux du Bas Pays.

La Flandre intérieure

La Flandre intérieure présente généralement une superposition de limons éoliens reposant sur des argiles, mais avec des sables intermédiaires s'intercalant fréquemment entre les limons supérieurs et les argiles yprésiennes sous-jacentes. Au Nord des Monts de Flandre, cette région se rattache à la zone de transition des loess de couverture, zone de sable limoneux, par contre au Sud, elle appartient à la zone limoneuse.

Quelques cailloutis, généralement recouverts de limons, sont repérés à la tarière sur les buttes de moyennes dimensions. Ces formations sont également signalées sur la carte géologique d'Hazebrouck. (LEPLAT *et al*, 1984)

Se rattachent à ce schéma, le Ferrain, le Pays de Weppes, le Pévèle , qui, bien que présentant des altitudes

faibles et peu de relief, se caractérisent par un drainage difficile en raison de la présence sous la couverture limoneuse de matériaux argileux imperméables.

Les sols sont fréquemment bruns ou bruns faiblement lessivés, souvent à pseudo gley et parfois sur paléosol tronqué. D'après les travaux en cours sur la Flandre intérieure de F.DOUAY (inédit), les horizons supérieurs seraient souvent remaniés sur environ 0,5 m de profondeur par les travaux anciens de labour en planche sur petite parcelle, ayant ainsi créé de légers ados.

3/ Les zones à substrat crayeux du Bas Pays.

Le Mélantois.

Le Mélantois est une région quasiment plane, à substrat crayeux correspondant au dôme du Mélantois. La couverture limoneuse est parfois de faible épaisseur, 0,5 m. Elle peut atteindre dans certains cas plus de 3 m. Les sols s'apparentent à ceux de l'Artois en raison du drainage souvent excellent dû à la grande perméabilité de la craie. On relève essentiellement des sols bruns faiblement lessivés, et parfois des sols bruns lessivés.

La Gohelle.

Elle constitue la transition entre le Haut Pays et le Bas Pays. Les sols sont formés de limons, reposant sur la craie. Dans la région de Lens, la craie est parfois sub-affleurante (0,4 à 0,5 m). On observe également des zones de cailloutis et quelques affleurements argileux, dans la région de Vimy sur le talus de transition avec l'Artois, limitant le drainage des limons de couverture. Les sols sont souvent des sols bruns calcaires, quelquefois bruns hydromorphes dans les secteurs à substrat argileux.

4/ Le Haut Pays crayeux de l'Artois et du Plateau picard.

Les sols sont issus de limons reposant sur des matériaux dits "d'argile à silex" ou sur des limons sableux roux à silex (Pays de Montreuil). L'ensemble surmonte la craie qui constitue un matériau filtrant, propice au drainage des sols (DESTOMBES *et al*, 1974).

Seules les basses vallées sont humides, en raison de l'affleurement de la nappe souterraine de la craie.

Quelques buttes, témoins de formations tertiaires argileuses ou sableuses échappent ainsi à la règle générale: Oisy le Verger (DESOIGNIES, 1966, BILLIONNET *et al* 1984, FOURRIER, 1985), Bourlon. Le même phénomène se reproduit dans les régions crayeuses voisines situées plus au Sud: Butte de Laon dans le Laonnois.

Les sols sont fréquemment des sols bruns faiblement lessivés, et parfois bruns lessivés.

5/ Les zones hautes à substrat argileux du Haut Pays.

Le Haut Pays comprend des petites régions (Hainaut, Boulonnais, Thiérache) où les matériaux argileux et parfois sableux sont sous-jacents aux limons de couverture.

Le Hainaut.

Dans le Hainaut, le substrat des argiles et des sables n'est pas généralisé sous les limons qui reposent pour partie sur la craie (1). Ils forment d'une épaisse (10 à 20 m) couverture de loess (zone limoneuse orientale), avec paléosols formant écran au drainage naturel du sol. La couverture limoneuse est donc mal drainée. Les sols sont bruns faiblement lessivés, et quelquefois bruns lessivés et fréquemment hydromorphes.

(1) Dans le Hainaut, les données de la carte géologique manquent de précision (carte du Quesnoy à 1/50 000). Les formations sableuses tertiaires sont surestimées au détriment des autres formations secondaires: craie et marne (Cf fig. 38 p. 134 et fig. 116 p. 389).

Le Boulonnais et la Thiérache.

Dans le Boulonnais et la Thiérache, sous la couverture de loess, le substrat est formé de dépôts argileux plus anciens. Les sols sont bruns, faiblement lessivés, parfois bruns lessivés, et souvent hydromorphes.

Dans ces secteurs, les profils de sols montrent parfois à l'affleurement des matériaux altérés qui ont gardé partiellement des caractères de roches: marnes et schistes. Dans ces deux régions, les formations argileuses anciennes (Mésozoïque et Paléozoïque) confèrent aux sols des particularités hydrodynamiques, avec des perméabilités parfois faibles. On peut attribuer cette faible perméabilité à la présence d'argile peu gonflante dont le retrait est minime et ne favorise pas la structuration du sol. Il s'agit d'argiles sédimentaires anciennes ou de néoformation, dont le comportement diffère sans doute des sols riches en smectites rencontrés habituellement dans la région.

Le drainage naturel de ces formations argileuses est imparfait et les sols y sont humides. Une analyse minéralogique (Laboratoire de Sédimentologie et de Géochimie du Professeur CHAMLEY, U.S.T.L. Lille) réalisée sur des altérations de schistes du Famènien supérieur (région de Trélon) et présentant 47 % d'argile, signale la présence d'illite à 75 % de vermiculite à 5 %, de smectite à 5 %, de kaolinite à 5 %. H. CHAMLEY signale que cette répartition pourrait indiquer un faciès d'altération holocène, type développé sur schistes primaires micacés, sous climat tempéré frais et humide.

VI - LA CARTE DES SOLS DE LA REGION DU NORD.

La présentation schématique de la Région du Nord illustre la diversité des petites régions dans lesquelles se sont développés les sols. L'évolution de ces derniers dépend essentiellement de la nature des dépôts et des possibilités de drainage. Les sols sont bien drainés lorsque leur altitude est plus élevée que le niveau des nappes et qu'ils reposent sur un substrat perméable (zones crayeuses du Haut et du Bas Pays). A l'inverse, les sols sont mal drainés et hydromorphes dans les zones de plaines basses et dans les secteurs à substrat imperméable, essentiellement argileux, bien que l'on observe souvent un début de lessivage.

La couverture limoneuse peut comporter des couches imperméables, en raison de son épaisseur et de l'existence de paléosols. Elle peut provoquer aussi le même effet qu'un substrat quasi imperméable. C'est le cas notamment des dépôts de loess de la région du Hainaut (MASSON, 1981).

Les sols sont d'âge très récent et peu évolués dans les régions des plaines maritimes dont la mise en place des dépôts remonte à la période subatlantique de l'Holocène.

Les sols des autres régions sont généralement faiblement lessivés. Ceci coïncide avec un climat peu agressif et une pluviométrie assez faible. Seules quelques zones montrent des sols plus lessivés avec apparition notamment d'horizons illuviaux plus argileux pouvant entraîner une hydromorphie des sols. En raison de leur apparition relativement rare et localisée sur certains éléments de relief, il semble que ces sols correspondent à des héritages de périodes climatiques antérieures. Les indices d'entraînement (I.E.) (1) ont été calculés pour 30 profils de sols limoneux répartis entre la bordure intérieure de la plaine maritime des Wateringues (SERVANT, 1971, SERVANT *et al*, 1972 a et b, ,1973 a et b, et fichier S.R.A.E.) et l'Artois,

(1) I.E.: indice d'entraînement, rapport de la teneur en argile de l'horizon B sur l'horizon A (A_2 ou A_3)

et comportant un horizon A_2 ou A_3, reposant sur un horizon Bt.

L'histogramme de la figure 37 montre que la grande majorité des sols sont peu lessivés (I.E. < 1,2) ou faiblement lessivés (1,2 < I.E. < 1,4). Au delà d'un indice supérieur à 1,6 existe un deuxième groupe qui peut correspondre à des sols anciens plus ou moins tronqués et parfois recouverts par un nouvel épandage de limon peu épais. Ces valeurs, obtenues à partir d'un nombre restreint de résultats analytiques, sont largement confirmées par les observations obtenues sur sondages qui indiquent souvent dans les régions limoneuses des sols bruns faiblement lessivés. Les profils ne concernent pas toutefois la Thiérache, région qui se prolonge dans le département de l'Aisne où les travaux cartographiques montrent une proportion plus importante de sols bruns lessivés. De même les travaux réalisés par l'I.N.R.A., dans le Hainaut, le Cambrésis, l'Artois et le Pays de Montreuil (MAUCORPS *et al*, 1991) permettent de nuancer cette première approche. Ils montrent également une plus forte proportion de sols bruns lessivés.

Dans une carte simplifiée des sols du Nord (fig. 38), nous proposons un schéma général de l'organisation de la couverture pédologique de la Région du Nord en fonction des grands ensembles pédogéomorphologiques.

Nous faisons apparaître sur ce document les paramètres déterminants de la nature et de l'évolution des sols (superposition de matériaux, existence de substrat perméable ou imperméable). Les principaux processus et degrés d'évolution des sols sont également indiqués: sols hydromorphes, sols faiblement lessivés, ou sols lessivés.

Ce document diffère donc dans sa forme de la présentation de la carte des sols au millionième réalisée par DUPUIS *et al*, (1967). Celui-ci s'est appuyé pour l'essentiel

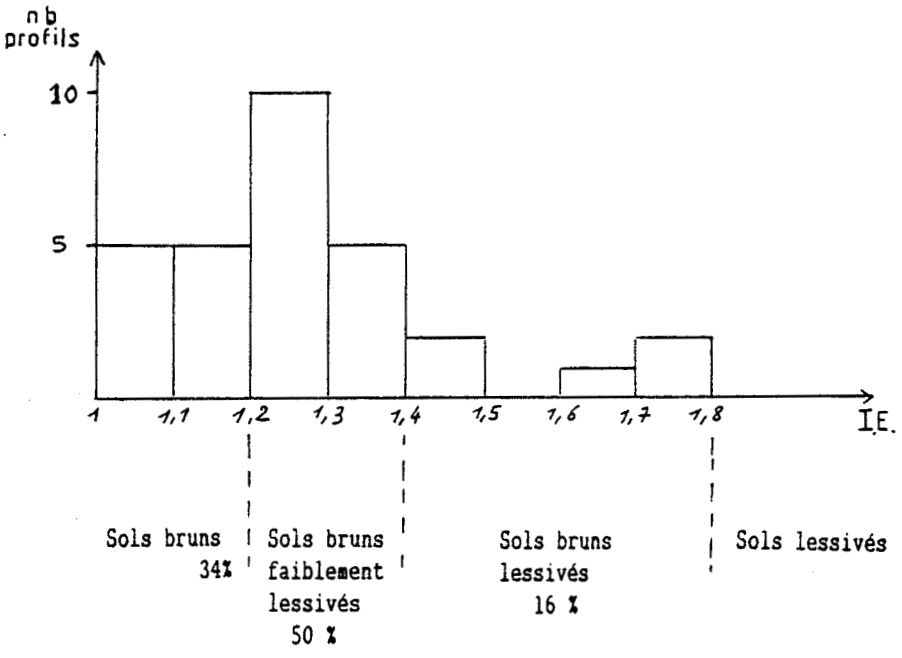
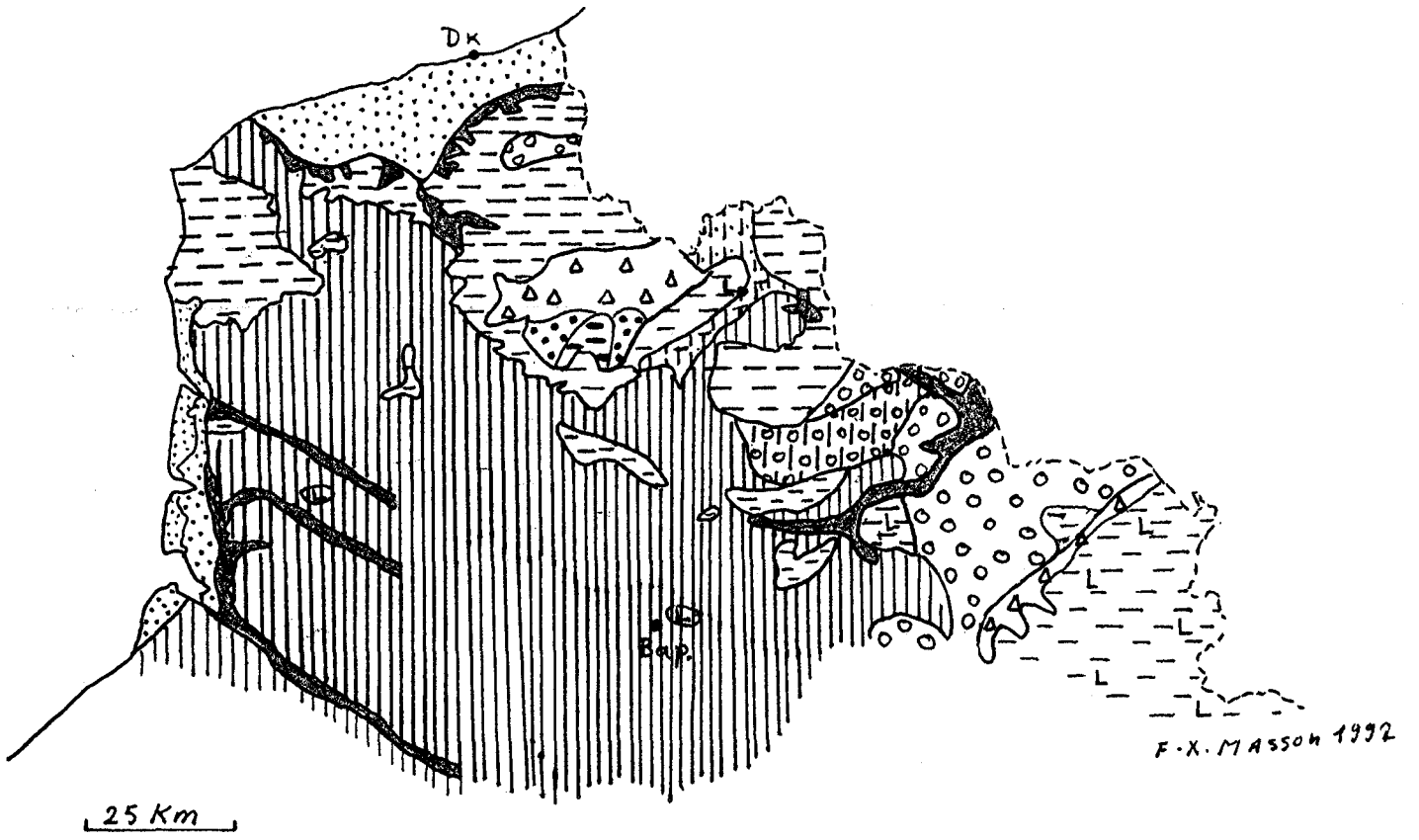


Fig. 37: Répartition en zone limoneuse des sols bruns faiblement lessivés en fonction de leur indice d'entrainement. Nord de la France. (30 profils répartis entre d'une part, la bordure nord de la Flandre et du Pays de Licques, et d'autre part, la Plaine d'Arras)



	Formations superficielles	Sols
	Zones de dunes et sables des plaines littorales	Sol peu évolués d'apport marin et éoliens, sol hydromorphe minéral à gley (sur sable, limon, argile limoneuse)
	Tourbière fossile généralement recouverte de limon, limon argileux, argile limoneuse	-Sol hydromorphe (sur limon, limon argileux ou argile limoneuse) -Sol humifère hydromorphe
	Limon sur argile	Sol brun faiblement lessivé hydromorphe et sol brun hydromorphe, caractères anthropiques fréquents
	Limon épais sur sable	Sol brun faiblement lessivé et sol brun faiblement lessivé hydromorphe
	Limon épais ou peu épais sur craie (niveau intermédiaire fréquent d'argile ou de limon roux à silex)	Sol brun faiblement lessivé et sol brun lessivé ou sol brun calcimorphe
	Argile limoneuse à limon argileux	Sol brun hydromorphe
	Argile limoneuse ou limon argileux sur argile	Sol brun hydromorphe
	Argile limoneuse ou limon argileux sur sable	Sol brun faiblement lessivé hydromorphe
	Limon sur sable	Sol brun faiblement lessivé hydromorphe
	Limon sur tourbe	Sol brun hydromorphe, sol hydromorphe, sol humifère hydromorphe
	Limon sableux (plaine de la Scarpe)	Sol hydromorphe
	Limon épais sur argile	Sol brun faiblement lessivé (parfois lessivé) hydromorphe
	Limon épais	Sol brun lessivé

* DK: Dunkerque, L: Lille, Bap.: Bapaume

Fig. 38: Les formations superficielles et les sols du Nord de la France.

sur l'interprétation des cartes géologiques qui indiquent essentiellement les éléments du substrat, ainsi que sur quelques informations ponctuelles n'ayant qu'une faible représentativité. Il ne disposait pas d'études spécifiques des petites régions.

Par contre la carte de vulnérabilité des nappes (Région Nord-Pas-De-Calais 1980 à 1/400 000, BECKELYNCK, *et al*, 1980) s'accorde mieux au schéma que nous présentons. En effet son inspiration tient plus compte des éléments de la morphologie régionale. Il en est de même de la carte géomorphologique de J. SOMME (1980).

CONCLUSION

La Région du Nord de la France présente une apparente monotonie pédologique en raison d'un relief peu accusé et d'une couverture limoneuse continue. Cependant certaines caractéristiques du relief et de la géologie déterminent des unités de paysage. Celles-ci s'individualisent en fonction du mode de mise en place des dépôts de couverture et du type de drainage naturel, facteurs influant tous deux sur la genèse des sols. On observe donc, dans le détail, une mosaïque de paysages qui déterminent de grandes unités à l'intérieur desquelles les sols auront des histoires et des genèses très voisines.

CHAPITRE II

LES CHENAUX SABLEUX ET LES FORMATIONS ENVIRONNANTES DANS LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES A L'EST DE BERGUES.

Ce chapitre a pour but de présenter nos observations sur une formation originale de la Plaine maritime des Wateringues. Il s'agit des chenaux sableux, dépôts linéaires provoqués par l'incursion de la mer suivant des axes précis de pénétration et dont l'altitude domine légèrement les autres dépôts. Le phénomène est bien visible dans la partie est des Wateringues françaises où se situent nos observations.

Ce chapitre rend compte des particularités de ce secteur, généralement mieux protégé de la mer que la zone centrale des estuaires. Il présente également l'intérêt d'apporter quelques éléments sur les caractéristiques des sols de cette région, dont l'évolution pédogénétique est peu accentuée en raison de leur jeunesse. Leur étude s'appuie donc essentiellement sur la reconnaissance des formations superficielles.

I - RAPPEL SUR LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES ET SUR LA ZONE SITUEE A L'EST DE BERGUES.

La Plaine maritime des Wateringues du Nord et du Pas-de-Calais forme l'extrémité occidentale de la Plaine maritime de l'Europe du Nord. Elle est bien connue grâce aux thèses et travaux de GOSSELET (1893), BLANCHARD (1906), DUBOIS (1924), BRIQUET (1930), PAEPE (1960), SOMME (1969 b, c, 1977, 1980, 1988), SERVANT (1973), MASSON (1979), BAETEMAN (1981, 1985), LEPLAT *et al* (1989 a et b).

Les dépôts superficiels de la plaine sont généralement d'âge holocène et appartiennent au Flandrien: Assise de Dunkerque et partie supérieure de l'Assise de Calais (1). Quelques cordons et témoins pléistocènes affleurent également dans la plaine (Coulogne, Les Attaques, Fort Château). DUBOIS en 1924 présente ce domaine comme un marais contraire, qu'il décrit principalement à partir des observations effectuées dans le Calaisis. Il divise ce territoire, subhorizontal et d'altitude basse, en trois zones :
- au Nord, une zone de cordons d'altitude plus élevée, dépassant souvent 3 m N.G.F., et pouvant atteindre 5 à 7 m (cordons des Pierrettes, digitation du Virval, banc de Marck).
- au Sud, un "marais" tourbeux où les tourbes terminales de l'Assise de Calais affleurent, l'altitude de cette zone est inférieure ou voisine de 0 m N.G.F.
- entre les deux la "Plaine" où les sables de l'Assise de Dunkerque recouvrent assez régulièrement la "tourbe de surface"(2) de l'Assise de Calais.

MASSON (1979), apporte des éléments supplémentaires aux travaux de DUBOIS (1924) et de SOMME (1977), en mettant en évidence tout un système de cordons sableux intermédiaires de l'Assise de Calais, recouvert actuellement par les sables de l'Assise de Dunkerque, et en arrière desquels se sont formés

(1) Les Assises de Calais (8000 à 3700 B.P.) et de Dunkerque (3400 à 800 B.P.) correspondent aux dépôts sableux des dernières périodes de transgression marine, à l'issue desquelles intervient une période de stabilité avec développement de végétaux en milieu humide et formation de tourbe.

(2) "Tourbe de surface": niveau supérieur des tourbes de l'Assise de Calais.

les tourbes de l'Assise de Calais. Le croquis, représenté figure 39, illustre bien ce propos. Les deux dernières couches de tourbe se rapportant à la tourbe sommitale de l'Assise de Calais (T2 et T1) et sont ainsi repérées sur de vastes espaces.

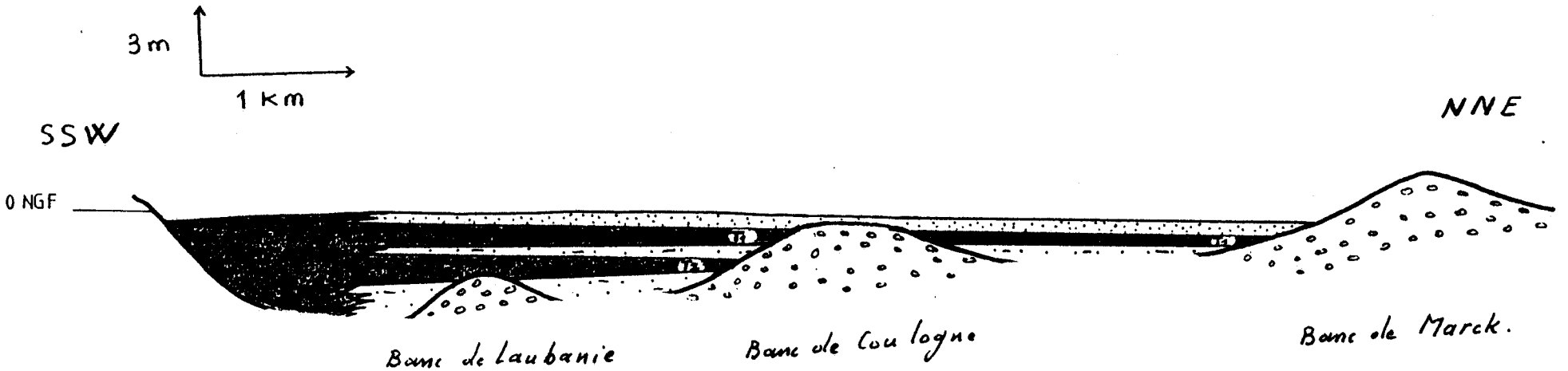
La figure 40 montre la disposition, d'une part des principaux bancs sableux mis en évidence, à l'arrière desquels les formations tourbeuses se sont développées, d'autre part des principaux axes de pénétration du milieu marin: zone des estuaires.

MASSON (1979) distingue également trois zones dans la Plaine maritime :

- à l'Ouest, le Calaisis (décrit par DUBOIS, 1924) où les cordons flandriens, bien visibles dans le paysage, constituent une protection contre les incursions marines, et où la tourbe de surface de l'Assise de Calais apparaît à l'affleurement dans le Marais de Guines;
- au Centre, la région des anciens estuaires (rivières: Nielles, Hem et Aa), zone de pénétration importante de la mer, très largement recouverte par l'Assise de Dunkerque;
- à l'Est, la zone incluant les Moëres, intermédiaire entre l'ancien estuaire de l'Aa et celui de l'Yser, bien protégée de la mer par l'ensemble des formations du Banc de Ghyvelde et de ses prolongements.

SOMME (1977, 1988) fait le point sur l'ensemble des travaux réalisés sur la Plaine maritime (fig. 40). Il précise la limite des dépôts holocènes de la Plaine maritime qui se situe vers 2 m N.G.F.. (GOSSELET, 1893, BLANCHARD, 1906, DUBOIS, 1924, BRIQUET, 1930, PAEPE, 1960, SOMME, 1969 b et c, 1977, 1980, 1988, COQUE-DELHUILLE, 1972, SERVANT, 1973, MASSON, 1979, REVILLLON *et al*, 1987). Ces travaux sont repris dans les cartes géologiques couvrant la plaine (WATERLOT, 1968, SOMME *et al*, 1976, LEPLAT *et al*, 1989 a et b).

SOMME indique l'extension des Assises de Dunkerque et



Tourbe: Tourbe épaisse

T_2 Tourbe dont l'extension est limitée par le banc de Coulogne

T_1 Tourbe dont l'extension est limitée par le banc de Marck

Bancs sableux de Laubanie, de Coulogne et de Marck (assise de Calais)

Epandage sableux et limono argileux de l'assise de Dunkerque

Epandage sableux et limono argileux de l'assise de Calais

Fig. 39 : Disposition des cordons sableux et des niveaux de tourbe dans la Plaine maritime des Wateringues, Nord de la France.

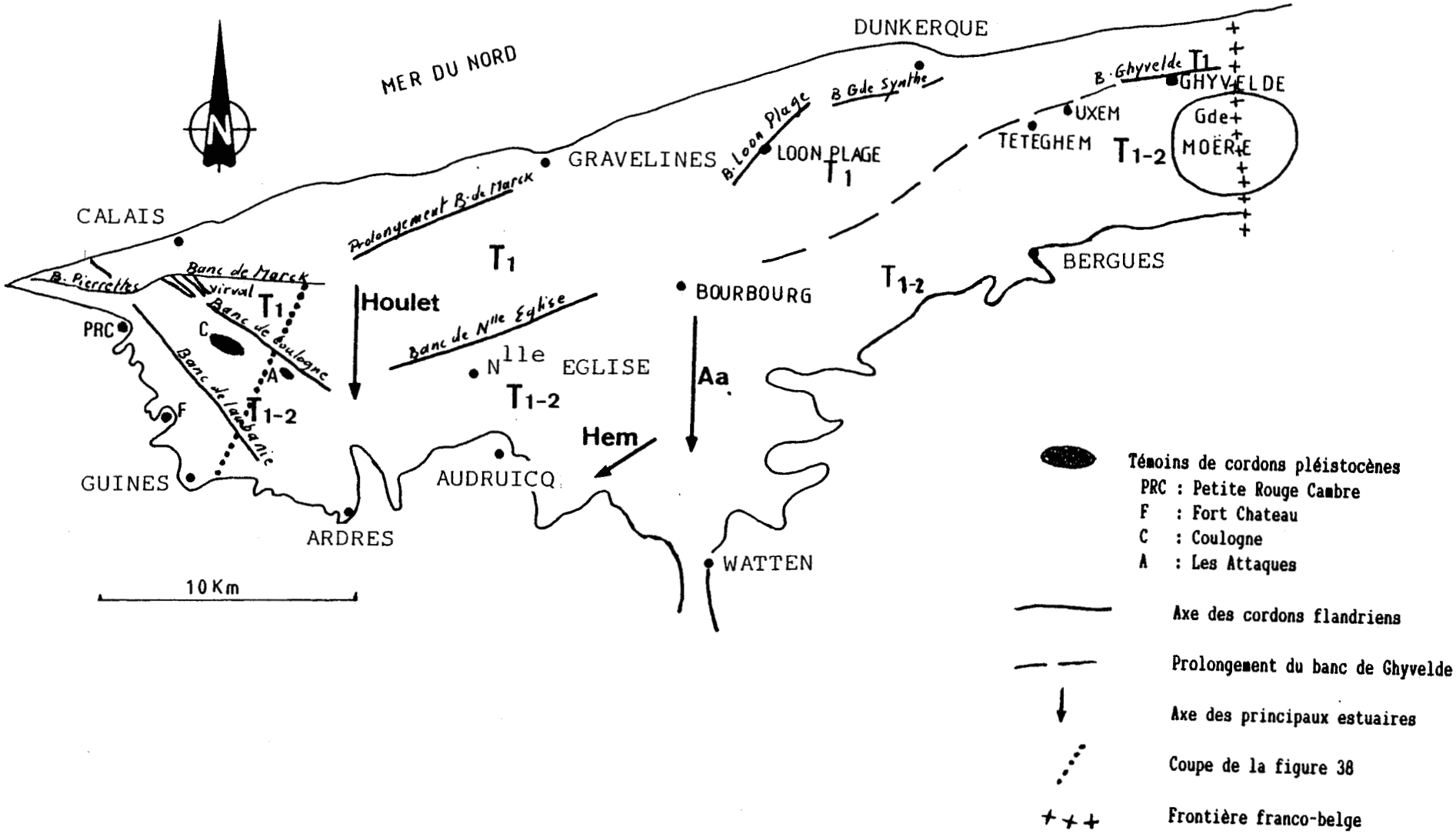


Fig. 40 : Principaux axes des barrières littorales anciennes de la Plaine maritime des Wateringues. Nord de la France.

de Calais, l'étendue des tourbes (SOMME *et al*, 1976, 1978), et l'emplacement des cordons littoraux pléistocènes et holocènes qui émergent ou subaffleurent sur la plaine. Il confirme l'existence d'une dépression naturelle des Moëres, à faible sédimentation, en arrière du cordon sableux de Ghyvelde (BAETEMAN, 1981,1985) et une plus large pénétration de la mer dans la zone estuarienne de l'Aa.

L'extension supposée du banc de Ghyvelde vers l'Ouest, formant ainsi une barrière littorale ancienne, aujourd'hui subaffleurante, peut être envisagée à partir de données nouvelles provenant notamment de sondages réalisés de 1979 à 1989.

Il semble exister un dépôt sableux continu qui suit approximativement la direction Ghyvelde, Uxem, Teteghem. Cet alignement correspond à une légère rupture de pente et une faible convexité de la surface de la plaine maritime qui s'incline du littoral vers le marais. La cote des terrains atteint en ce lieu 1 à 2 m N.G.F, altitude plus élevée que celle des cuvettes, situées au Sud de la plaine.

Sur ce dépôt, la tourbe de l'Assise de Calais est absente; elle n'est plus représentée au Nord que par la couche supérieure T_1, tandis que la zone sud comprend 2 couches T_1 et T_2 ou des tourbes épaisses.

On considérera pour la suite du chapitre que cet alignement correspond à la barrière littorale ancienne du banc de Ghyvelde, comportant au Nord et au Sud la même disposition des tourbes (MASSON, 1979).

La pénétration importante de la mer vers le centre de la zone des estuaires, a permis dans ce secteur un épandage assez régulier des sables de l'Assise de Dunkerque, sur la "tourbe de surface" de l'Assise de Calais (SOMME, 1977, MASSON, 1979).

Par contre, dans les secteurs mieux protégés de la mer, la pénétration au travers des cordons s'est avérée plus

ponctuelle: les dépôts des sables y sont plus localisés. Citons l'exemple des digitations de la Tourelle dans le Calaisis (SOMME, 1977, 1988, MASSON, 1979), où les accumulations sableuses suivent des itinéraires probables de courants d'eau , à la faveur d'ouvertures accidentelles dans le cordon littoral des Pierrettes. Ces sables reposent sur les tourbes de l'Assise de Calais et sont attribués à l'Assise de Dunkerque. Ces digitations sont aujourd'hui détruites en raison des travaux réalisés pour le tunnel sous la Manche.

Dans toute la zone voisine des Moëres, comprise entre Bergues et la frontière belge, et abritée par le banc de Ghyvelde, la pénétration s'est produite à la faveur de lacunes ou d'ouvertures restreintes dans les cordons littoraux, provoquant des épandages sableux longilignes ou chenaux sableux, plus ou moins perpendiculaires au littoral.

Les observations dont nous faisons part dans le présent chapitre se rapportent à la zone située à l'Est de Bergues, comprenant les dépressions des Grande et Petite Moëres.

Description de la zone incluant les Moëres.

A l'Est de Bergues, le versant continental se rapproche du littoral, la Plaine maritime diminue de largeur, et ne forme plus qu'une bande d'environ 8 km.

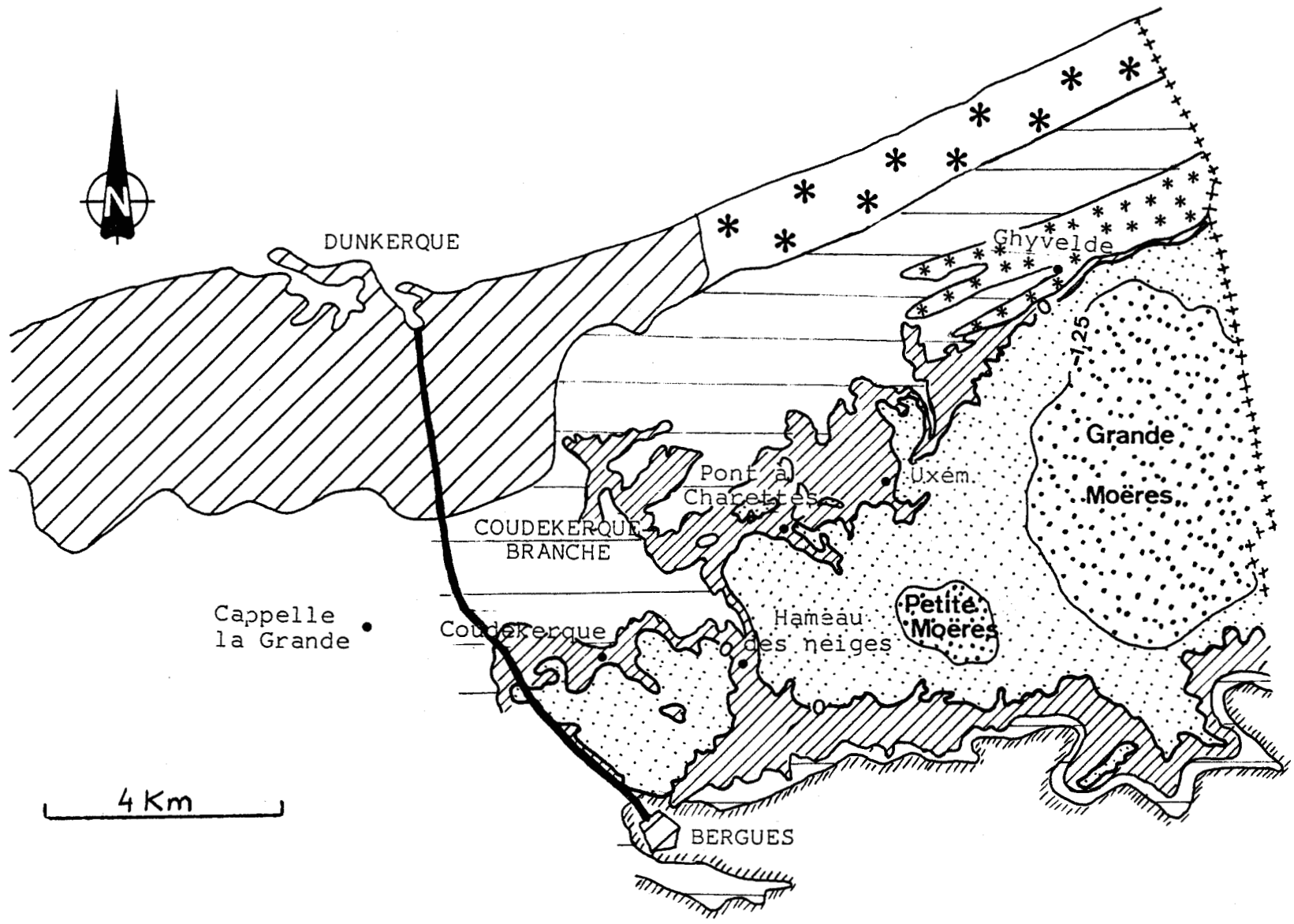
A l'inverse de la zone des Estuaires, où les barrières littorales successives ont formé une protection plus ou moins discontinue avec de larges ouvertures au niveau de ces estuaires, la zone située à l'Est de Bergues ne présente pas d'émissaires importants drainant les eaux continentales. Seuls quelques ruisseaux, ou becques, aux bassins versant de petite dimension, proviennent de la Flandre intérieure. Ces petits ruisseaux, alimentant épisodiquement le marais, sont tout à fait impuissants à trouver un écoulement au travers des barrières littorales successives.

Les barrières littorales actuelles et plus anciennes (Banc de Ghyvelde), ont semble-t-il constitué un écran protecteur vis à vis des incursions et des apports marins; d'autant plus efficace que cette barrière était plus élevée, ce qui pourrait expliquer plus particulièrement l'emplacement de la dépression de la Grande Moëre en arrière de Ghyvelde, où les dunes anciennes culminent encore actuellement à 9 m N.G.F.. L'existence de la dépression et l'absence de tourbe est expliquée par la présence d'un lac sous influence marine par l'intermédiaire d'un chenal de marée (BAETEMAN, 1985, LEPLAT *et al*, 1989 b). Cependant les sondages réalisés en vue du réaménagement hydraulique des Moëres (FOURRIER *et al*, 1984) montrent l'existence de tourbe dans le tiers Sud de la cuvette. Ceci est peu compatible avec un milieu salé, mais relèverait davantage d'un régime lacustre permettant le développement d'une végétation.

II - ETUDE DU MODELE: aperçu géographique, définition des chenaux.

L'étude du modelé de la zone Sud de ce territoire des Wateringues, secteur des Moëres (fig. 41), permet de distinguer plusieurs éléments:

- au Nord une zone d'altitude plus élevée dépassant 1 m N.G.F. et correspondant aux anciens cordons littoraux (système du Banc de Ghyvelde).
- au Sud une zone dépressionnaire d'altitude égale ou inférieure à 0 m N.G.F., correspondant au marais ou Moëres. Elle est entre-coupée de bandes parallèles d'altitude plus élevée (0,5 m à 1, 5 m de dénivellation), orientées approximativement Nord/Sud, débutant au niveau du banc sableux situé au Nord, se terminant dans le marais, et délimitant partiellement les différentes cuvettes des Moëres:



LEGENDE

limite des dépôts de la plaine maritime

terrains dont l'altitude est comprise entre 2,00 m et 1 m NGF

terrains dont l'altitude est comprise entre 1 m et 0 m NGF

terrains dont l'altitude est comprise entre 0 m et-1,25 m NGF

terrains dont l'altitude est inférieure à-1,25 m NGF

banc sableux, dunes anciennes de Ghyvelde

banc sableux, dunes récentes correspondant au littoral actuel

zones urbaines de Dunkerque et de Bergues

canal de Bergues à Dunkerque

Fig. 41 : Modelé de la Zone des Moëres et du Hameau des Neiges, Plaine maritime des Wateringues, Nord de la France.

Grande Moëres, Petite Moëres, Moëres d'Uxem, etc.

Nous observons donc toute une série de sites plus élevés dont la plupart ont servi de lieu d'habitat (Hameau des Neiges , Uxem etc.).

On remarque que le chenal le plus important en largeur et en altitude, se situe au niveau du Hameau des Neiges, lieu le plus éloigné du banc de Ghyvelde où la protection littorale est la plus faible. Les autres chenaux, situés plus à l'Est sont moins importants.

Ces chenaux ont été reconnus lors de différentes prospections comme formés de matériaux sableux et leur disposition générale laisse supposer qu'il s'agit d'axes de pénétration de la mer dans le marais, déjà signalés par PAEPE en 1960. Celui-ci reconnait de nombreux chenaux secondaires parcourant la plaine maritime. L'on peut se référer également aux travaux de SERVANT *et al* (1972), sur lesquels on repère un certain nombre de chenaux, dont ceux du Hameau des Neiges, et celui de Pont à Charrette, mais pas celui d'Uxem. La carte des terres agricoles (REVILLON *et al*, 1987) met bien en évidence les principaux chenaux.

Définition des chenaux.

Dans les zones de pénétration marine , ou chenaux de marée, le courant, dans certains cas aura incisé profondément les matériaux argileux et tourbeux du marais. Dans ces chenaux s'est mis en place une sédimentation sableuse. En raison notamment des tassements différentiels, ces chenaux forment souvent des éminences sableuses longilignes ou se mêlent parfois des morceaux de tourbe ou des débris de végétaux. PAEPE (1960) indique le mode de formation de ces éminences qu'il appelle chenaux inversés. Lors de l'exondation de la plaine, les sables se tassent peu, tandis que les autres matériaux argileux et tourbeux se tassent fortement laissant ainsi les sables en relief.

III - LA NATURE DES MATERIAUX EN PLACE, RESULTATS DES PROSPECTIONS.

La prospection des sols a permis la reconnaissance générale des dépôts sableux des chenaux qui se distinguent facilement des matériaux du marais, souvent argileux et tourbeux.

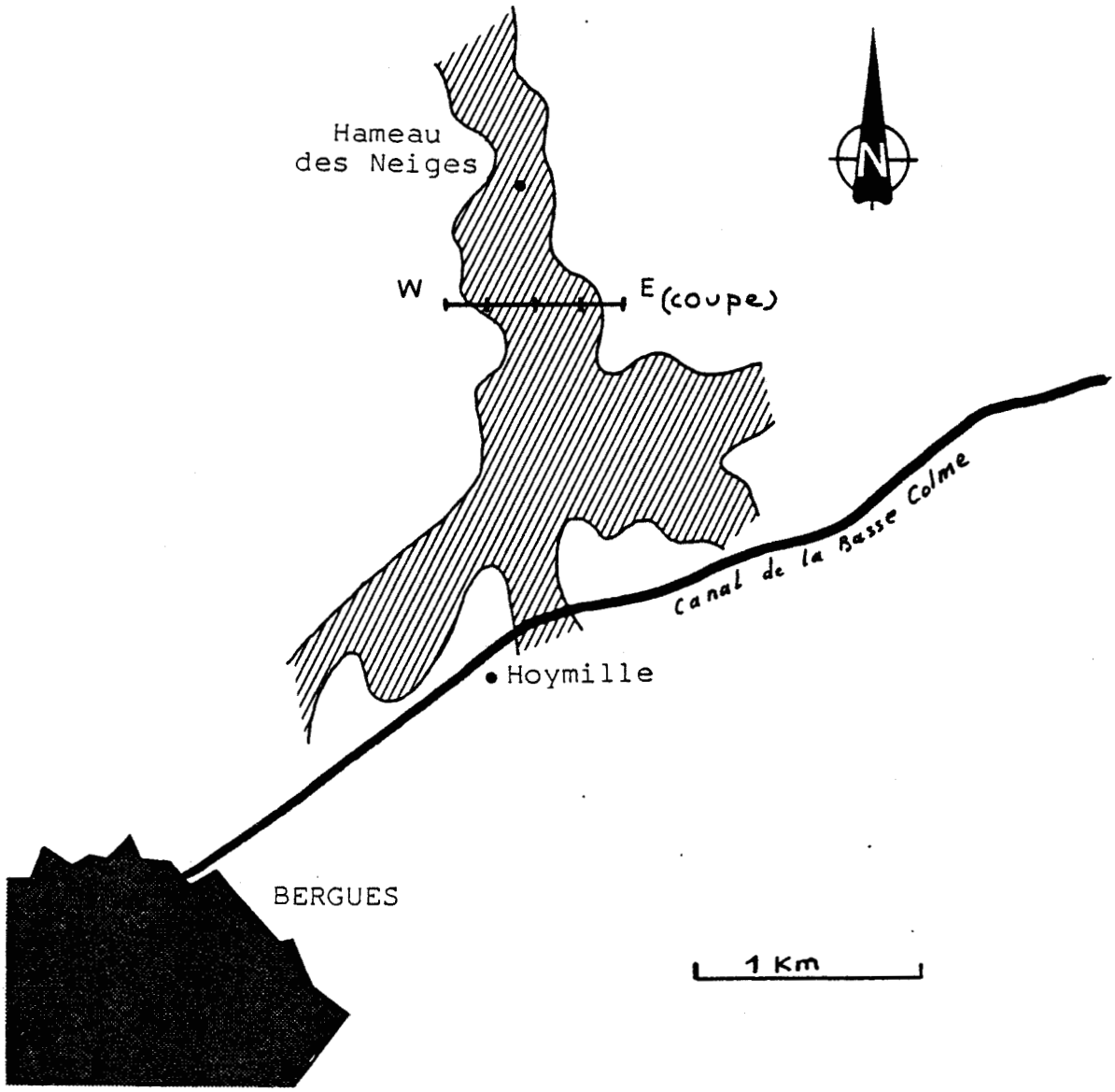
La prospection du chenal du Hameau des Neiges nous apporte quelques éléments supplémentaires sur la disposition des matériaux sableux. Ceux-ci se terminent au Sud du marais en plusieurs digitations qui ont été reconnues partiellement (Fig. 42).

Ces matériaux sont analogues à ceux des cordons sableux et des formations dunaires situées au Nord. Mais, leur teneur en sable grossier est faible (profils 85 et 95: SERVANT *et al*, 1972 a) inférieure à 2 % alors qu'ils peuvent dépasser 10 % en zone dunaire (profil 40, SERVANT *et al*, 1972 a). Les sables épandus sur la plaine se différencient également de ceux des chenaux par une teneur en sable grossier inférieure à 1 % (profil 86: SERVANT et al,1972).

La coupe du chenal du Hameau des Neiges (fig. 43), montre que ces sables se superposent souvent aux tourbes de surface de l'Assise de Calais. Ceci est observé, soit sur la bordure du chenal, soit vers sa partie terminale au sud, au niveau des digitations, dès lors que les sables diminuent d'épaisseur, et que la profondeur de la formation sableuse ne dépasse pas celle des sondages (3 m).

La profondeur des sondages ne permet pas de traverser l'ensemble des sables du chenal dans sa partie médiane. PAEPE (1960) indique cependant que, dans l'axe des chenaux, la tourbe est souvent incisée et remaniée. Ceci est confirmé par la coupe de la figure 43 qui montre la présence de morceaux de tourbes inclus dans les sables du chenal.

La densité des observations ne permet pas non plus de



LEGENDE

disposition des points de sondage de la figure 43

dépôts sableux du chenal du Hameau des Neiges

canal de la Basse Colme

zone urbaine de Bergues

Fig. 42: Repérage des dépôts sableux du chenal du Hameau des Neiges et de ses principales digitations. Plaine maritime des Wateringues, Nord de la France.

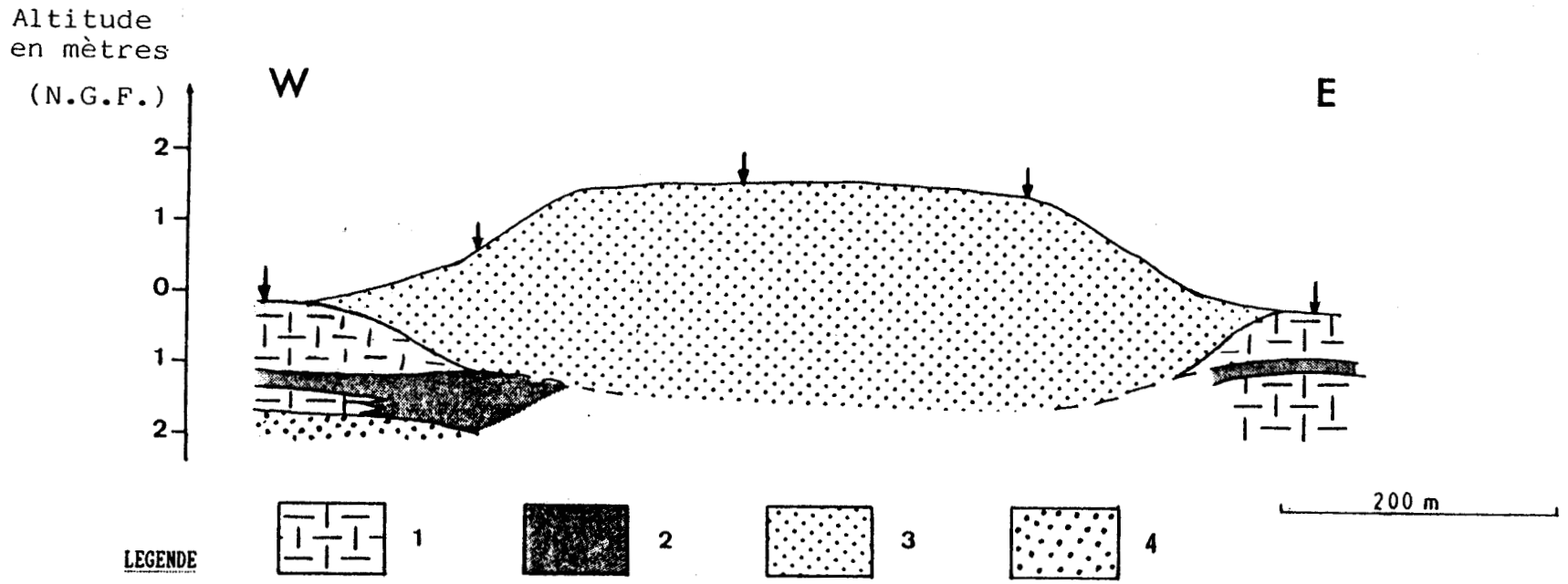


Fig. 43 : Coupe du chenal du Hameau des Neiges. Plaine maritime des Wateringues, Nord de la France.

distinguer différentes zones d'écoulements successifs dans ces chenaux très larges. Nous n'avons pu que reconnaître le dispositif général du chenal formant une masse sableuse se superposant sur ses bordures, à la tourbe de surface et aux matériaux argileux qui lui sont associés.

Cette disposition a été reconnue sur d'autres chenaux plus petits et notamment à Uxem.

L'on remarque que les tourbes piégées sous les sables sont mieux conservées que celles restées proches de la surface. Les chenaux sableux sont rattachés à l'Assise de Dunkerque (Dunkerque II, IV° - VII° siècle ap. J.C.) et reposent sur le complexe des tourbes de surface de l'Assise de Calais (4800 à 2800 B.P.)(LEPLAT *et al*, 1989 b).

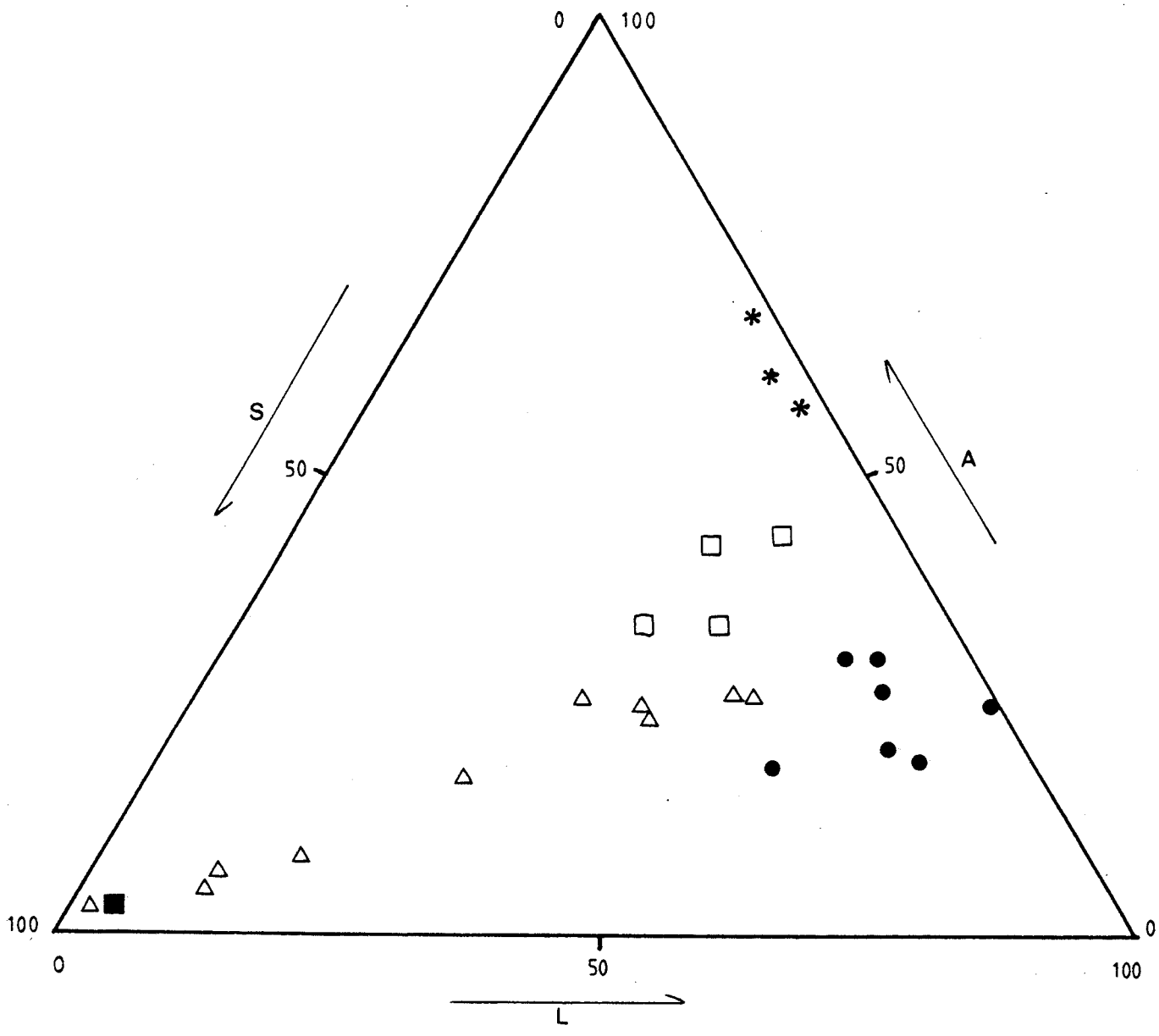
IV - LES RESULTAT DES ANALYSES.

Les résultats de nombreuses analyses, (SERVANT *et al*, 1971, 1972 a et b, 1973 a), permettent de tirer quelques conclusions sur ce milieu.

Comme il est indiqué précédemment (p. 146), les chenaux sont formés de sables fins similaires à ceux de la zone sableuse des cordons situés au Nord, mais présentent toutefois moins de sable grossier.

Les matériaux fins argileux de la zone du marais environnant les chenaux, sont relativement plus argileux que dans le reste de la Plaine maritime des Wateringues (fig.44). Les analyses granulométriques révèlent des teneurs en argiles plus importantes dans la zone orientale (40 à 45 %), que dans la zone des Estuaires (25 à 30 %) et du Calaisis (20 à 25 %) (fig. 44). Leur teneur en éléments inférieurs à 2µ se rapproche ainsi des argiles des Flandres voisines (60 à 70 %).

L'élévation de la teneur en argile peut avoir plusieurs causes:



LEGENDE

△ sable et limon argileux des formations de couverture de la zone des estuaires et du Calaisis

● limon argileux du marais, zone des estuaires et du Calaisis

■ sable des chenaux

□ argile du marais, zone des Moëres

✱ argile de Flandres (Yprésien)

Fig. 44 : Diagramme de texture des dépôts superficiels de la Plaine maritime des Wateringues. Nord de la France

- une fermeture relative de cette zone, entraînant une sédimentation plus lente de particules plus fines,
- la proximité des zones argileuses des Flandres où les ruisseaux descendent des collines et apportent des éléments plus fins.

SERVANT *et al* (1972 a, 1973 a), indiquent que les formations argileuses des versants proches de la plaine sont faiblement recouvertes par les limons, souvent moins d'1 m. Elles peuvent virtuellement être incisées. D'autre part, les formations holocènes comblant le fond des vallons sont héritées pour partie de ces formations argileuses environnantes.

On constate également que les matériaux du Marais dans la zone des Moëres sont plus acides que les matériaux de même nature situés plus à l'Ouest dans la Plaine maritime, subissant l'influence des rivières dont les eaux proviennent des formations crayeuses de l'Artois (SERVANT, 1973).

V - ORIGINALITE DE LA REGION ORIENTALE DES WATERINGUES. CONSEQUENCE SUR LES SOLS.

Ces analyses montrent l'influence, sur la qualité des dépôts et des sols, des formations environnantes et de la fermeture relative de cette zone vis à vis de la mer.

L'ensemble de ces observations met en évidence l'originalité de cette région des Wateringues. Les chenaux sableux sont bien individualisés et dominent les formations environnantes. Les matériaux du marais sont plus argileux ,et se rapprochent des textures des matériaux argileux de la Flandre intérieure. La pénétration de la mer à l'époque de la phase transgressive de Dunkerque est restée beaucoup plus localisée que dans la zone voisine des estuaires. Les chenaux sont caractérisés par leur orientation plus ou moins perpendiculaire à l'alignement général des cordons littoraux, par leur nature sableuse, par leur altitude, et par la

superposition partielle des matériaux sableux sur la tourbe de surface, et parfois l'incision de cette dernière.

De tels chenaux bombés prenant naissance au niveau des cordons littoraux n'ont été que rarement observés dans la Plaine maritime française, en raison des possibilités de pénétration importantes de la mer dans la zone des estuaires. On peut citer les chenaux de la Tourelle dans le Calaisis (SOMME, 1977) dus aux ruptures épisodiques du Cordon des Pierrettes, on peut également citer le chenal sableux au débouché de la Hem dans la Plaine maritime (MASSON, 1979).

Conséquence sur les sols.

Les caractères des sols sont très fortement influencés par la nature et la disposition des dépôts. Il s'agit de sols jeunes à texture sableuse sur l'axe des chenaux et argileuse dans les marais adjacents. Cette variation de la texture correspond bien à la dynamique de mise en place des dépôts.

On distinguera donc, sur les chenaux, des sols relativement mieux drainés, moins riches en matière organique, plus perméables et à réserve en eau faible.

A l'inverse, dans le marais environnant les chenaux, on distinguera des sols argileux, très riches en matière organique, peu perméables et très hydromorphes, mais dont la réserve en eau utile pour les plantes peut être importante, et souvent potentiellement plus riches en base que les sables des chenaux.

La reconnaissance des sols devra donc s'appuyer essentiellement sur le repérage des dépôts et donc privilégier l'analyse de leur genèse. Ces sols sont développés sur des dépôts récents, leur développement est faible, seul est distingué un horizon Ap humifère, d'environ 0,25 à 0,30 m d'épaisseur.

CONCLUSION.

La zone des Moëres à l'Est de Bergues constitue un milieu plus fermé que l'ensemble de la Plaine maritime des Wateringues, moins soumise aux influences extérieures, avec une morphologie originale matérialisée notamment par ce système de chenaux bombés ou inversés et de cuvettes importantes , telles que celles de la Petite Moëre et de la Grande Moëre.

Cet ensemble d'éléments particuliers a déterminé des dépôts sur lesquels se sont développés des sols dont la nature diffère en raison de leurs caractéristiques physiques: texture, perméabilité, drainage, hydromorphie. L'âge des sols est lié à celui des dépôts, ce qui n'a pas permis un développement génétique important. La cartographie des sols dans ces secteurs devra donc privilégier l'analyse morphologique et lithologique.

CHAPITRE III

LES CARACTERES DES SOLS DE LA BORDURE INTERIEURE DE LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES.

La Plaine maritime des Wateringues (Cf chapitre II, p. 137) comprend un complexe de matériaux d'apports marins et continentaux. A l'abri des cordons littoraux de sables et de galets, se sont déposés des matériaux plus fins , limoneux et argileux et également des tourbes. Les matériaux fins, limons et argiles, proviennent pour partie des versants voisins. Ces derniers recoupent des formations diverses de craie et d'argiles formant le substrat antéquaternaire. Celui-ci est recouvert, sur le versant, par des formations superficielles quaternaires très généralement limoneuses. Les formations du versant sont drainées par un réseau de rivières plus ou moins importantes.

Bien que les Wateringues forment un même ensemble sédimentaire, les reconnaissances de sol ont montré (SERVANT, 1973, SERVANT *et al*, 1971, 1972 a et b, 1973 a, MASSON, 1979) un certain nombre de différences apparaissant entre les divers secteurs de la plaine. Le présent chapitre a pour objet de montrer, à partir de quelques résultats analytiques, l'influence des formations de versant ainsi que le rôle des situations et des événements sur la genèse des dépôts et des

sols de la bordure intérieure de la plaine maritime.

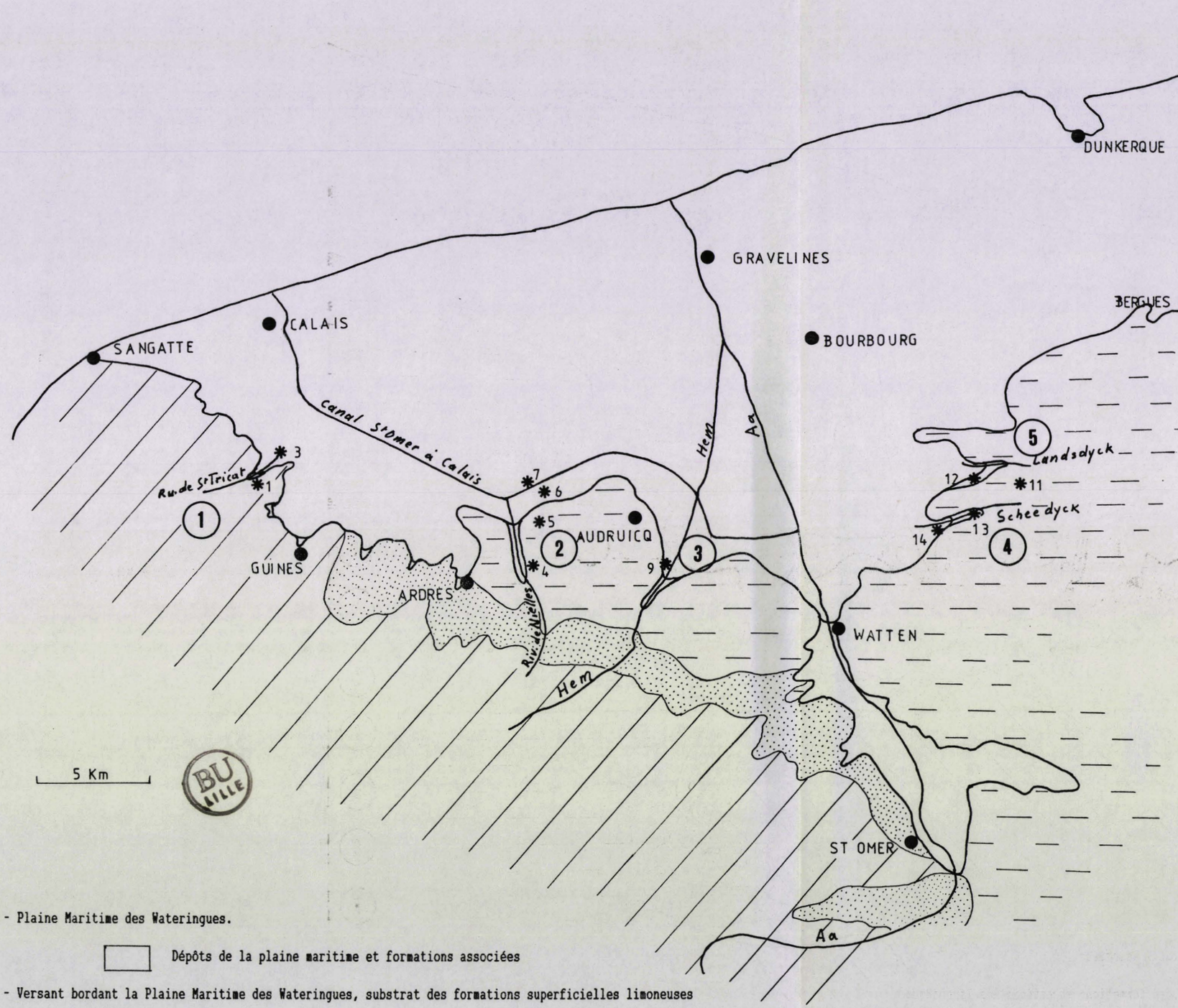
Dans cette région de dépôts et de sols récents, les caractères hérités auront parfois plus d'importance que l'évolution des sols, et justifient ainsi, à côté de l'approche pédogénétique, d'autres démarches liées à la géologie, ou à la sédimentologie, ou à la géomorphologie.

I - RAPPEL SUR LA PLAINE MARITIME ET SES VERSANTS: approche sédimentologique.

Les trois zones des Wateringues (Calaisis, zone des Estuaires, zone des Moëres: Cf Ch. II, p. 142) forment les unités principales de la plaine. Elles se distinguent en fonction des influences continentales et maritimes:

L'influence continentale dépend principalement des apports liés aux talwegs, descendant des versants. Ceux-ci recoupent des formations secondaires et tertiaires (fig. 45), recouvertes par des formations superficielles de loess pléistocènes. Les dépôts secondaires sont représentés essentiellement par les formations crayeuses du Sénonien et du Turonien. Les dépôts tertiaires sont constitués par l'Yprésien (argiles des Flandres), le Landénien supérieur (sable d'Ostricourt), le Landénien inférieur (argile de Louvil). L'influence continentale dépend aussi de la présence ou non de rivières importantes, assurant le transfert des matériaux des versants vers la plaine. L'influence maritime (Cf Ch. II, II*** partie, p. 136), dépend pour chacun des secteurs de la Plaine de l'ouverture plus ou moins importante vers la mer, et des possibilités d'apport marin.

Nous avons essayé d'observer différentes situations locales. Une vingtaine de points d'analyse ont été ainsi retenus, en vue de faire une première approche du transfert des matériaux argileux provenant des talwegs. Des analyses



Sites des points de prélèvement des analyses:

(1) Ruisseau de St Tricat, points 1 (limon sur versant) et 3 (argile limoneuse, plaine maritime).

(2) Rivière de Nielles, points 4 (argile sur versant), 5 (limon sur versant), 6 (argile limoneuse, plaine maritime), 7 (argile limoneuse , plaine maritime).

(3) Rivière de la Hem, point 9 (argile limoneuse, plaine maritime en bordure de versant).

(4) Ruisseau du Scheedyck, points 13 (argile colluvionnée de bas de versant), 14 (argile plaine maritime, cuvette près du versant).

(5) Ruisseau du Landsdyck, points 11 (argile sur versant), 12 (argile, plaine maritime, cuvette près du versant).

(6) Warhem, points 15 (argile, vallon sur versant), 16 (limon argileux sur versant), 17 (argile, plaine maritime).

(7) Les Moëres, points 19 (argile sur versant), 22 (argile plaine maritime).

- Plaine Maritime des Wateringues.

Dépôts de la plaine maritime et formations associées

- Versant bordant la Plaine Maritime des Wateringues, substrat des formations superficielles limoneuses

Crétacé (craie)

Landénien (sable)

Yprésien (argile)

Fig. 45 : Situation des sites de prélèvement en vue de la réalisation d'analyses minéralogiques des argiles. Bordure intérieure de la Plaine maritime des Wateringues, Nord de la France.

minéralogiques ont été réalisées par Laboratoire de Sédimentologie de Lille (Travaux inédits de GRESIEK, Laboratoire de Géologie Dynamique et Laboratoire de Sédimentologie, U.S.T.L.F.A.). Un certain nombre d'analyses chimiques ont été réalisées afin de compléter l'information.

II - LES SITES D'OBSERVATION ET DE MESURES.

Les points d'observation et d'analyse (fig.45, p.156) ont été répartis sur 7 sites:

- 1 dans le Calaisis, dans la vallée de la rivière de St Tricat (points 1 et 3),
- 4 dans la zone des estuaires ,(points 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14)
- 2 dans la zone des Moëres, (points 15, 16, et 17, 19, 22)

La nature et la profondeur des prélèvements est précisée sur la figure 46.

1/ Le site du Calaisis au niveau de la rivière St Tricat

La rivière de St Tricat a un bassin-versant de dimension limitée (environ 10 km²). Les terrains, à l'amont de la Plaine maritime, comprennent essentiellement des limons sur craie, (fig 45, p. 156). Ce site correspond aux points de prélèvement 1 (limon sur versant) et 3 (argile limoneuse, plaine maritime).

2/ Les sites de la zone des anciens estuaires.

Cette zone comporte quatre sites (fig. 45 p. 156). Les 2 premiers se situent à l'Ouest de l'Aa. L'un près de la rivière de Nielles avec les points de prélèvement 4 (argile sur versant), 5 (limon sur versant), 6, 7 (argile limoneuse de

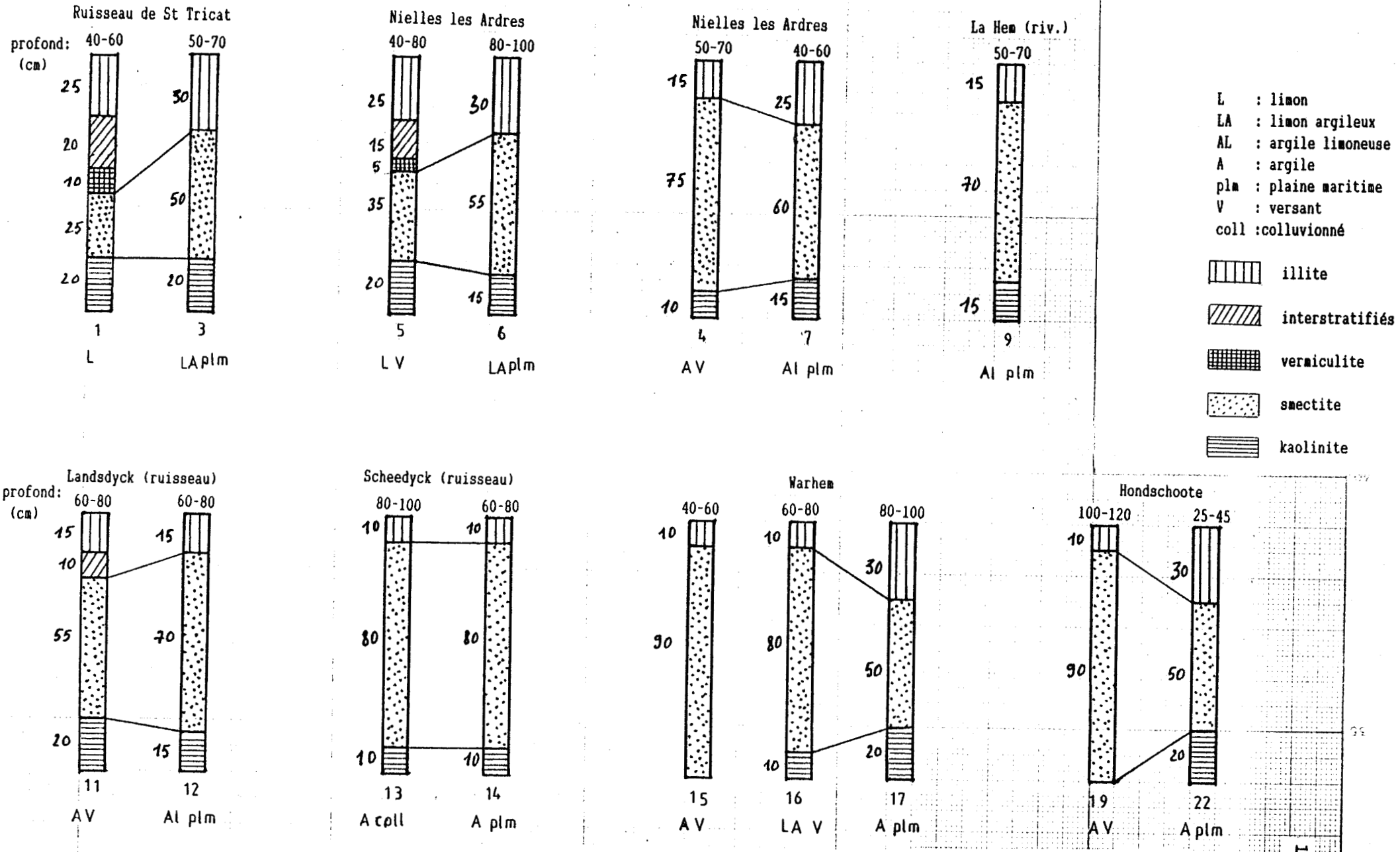


Fig. 46 : Résultat des analyses minéralogiques. Bordure intérieure des Wateringues. Nord de la France

la plaine maritime), le second au débouché de la vallée de la Hem avec le point 9 (argile limoneuse de la plaine maritime en bordure de versant). Ces rivières prennent leur source en terrain crayeux et traversent ensuite des dépôts argileux tertiaires.

Le 3ème et 4èmes sites, à l'Est de l'Aa, se situent sur deux vallons, celui du Landsdyck et celui du Scheedyck provenant des formations argileuses de la Flandre intérieure à l'Est de l'Aa, avec les points de prélèvements 11 (argile sur versant), 12 (argile plaine maritime, cuvette près du versant), 13 (argile colluvionnée de bas de versant), 14 (argile de la plaine maritime, cuvette près du versant).

Ces quatre sites marquent la transition entre le versant crayeux de l'Artois et le versant argileux de la Flandre intérieure. On notera que les transferts possibles de sédiments par le Scheedyck et le Landsdyck dépendent de faibles ruisseaux, dont les bassins-versants ne sont pas importants. Ces ruisseaux sont alimentés plus ou moins épisodiquement par le ruissellement des eaux sur les limons recouvrant les argiles des Flandres. Ces ruisseaux incisent les formations alluviales ayant colmaté les vallons, et héritées des formations argileuses et limoneuses des bassins versants.

Par ailleurs, au débouché des deux ruisseaux dans la plaine, existent des cuvettes qui formaient anciennement des marais (MASSON, 1979). Ce que confirme l'observation de matériaux organiques dans les sondages réalisés à l'intérieur de ces zones.

3/ Les sites de la zone des Moëres à l'Est de Bergues

Deux sites ont été retenus. Le premier est situé entre Bergues et Warhem (fig. 45, p. 156). Dans ce secteur le

versant est quasiment rectiligne. Il s'agit d'un glacis qui s'enfonce en pente douce sous les matériaux de la plaine. Deux points de prélèvement 15 (argile sur versant) et 16 (limon argileux sur versant) sont localisés sur le versant, un autre, le point 17 (argile de la plaine maritime) au nord de la Petite Moëre.

Le 2ème site comprend 2 points 19 (argile sur versant) et 22 argile de la plaine maritime) près de Hondschoote et de la Grande Moëre. On remarquera qu'à l'inverse des vallons du Scheedyck et du Lansdyck , les échantillons de la Plaine maritime sont prélevés au delà du Marais, dans une zone plus ouverte et plus soumise aux apports extérieurs.

III - RESULTATS DES ANALYSES MINERALOGIQUES

Nous présentons les résultats des analyses minéralogiques réalisées par diffractométrie au rayons X (fig. 46, p. 158). Bien que l'interprétation des résultats soit assez délicate, avec un nombre de mesures aussi restreint, les variations de teneur en smectite entre les différents échantillons prélevés est assez significative; nous pouvons donc émettre quelques hypothèses.

* On retrouve une plus forte proportion de smectite dès lors que le matériau s'apparente aux argiles des Flandres (matériau argileux prélevé sur le versant ou à proximité, et ayant hérité pour partie des formations tertiaires environnantes), cas des échantillons n°4, puis 9, 11, 13, 15, 16 et 19. A l'Ouest de l'Aa les limons sont plus pauvres en smectite, alors qu'ils sont plus riches à l'Est.

* Le transfert dans la Plaine maritime des matériaux argileux conduit à une sorte de d'homogénéisation de la teneur en smectite qui semble se stabiliser entre 50 et 60 %.

(échantillons 3, 7, 6, 17 et 22). La zone du Scheedyck et du Landsdyck semble faire exception , mais comme nous l'avons vu précédemment, il s'agit d'un secteur plus fermé, à sédimentation plus lente, et subissant donc moins les influences extérieures. De même la mesure faite à proximité de la Hem correspond également à un point écarté de l'axe de la rivière et protégé par rapport à la plaine maritime (échantillon n°9).

Il semble donc que la teneur en smectite est plus importante dans les secteurs fermés à sédimentation lente. Ceci peut être rapproché des observations réalisées en sédimentation marine, où l'on observe une sédimentation différentielle des différents types d'argiles, suivant la vitesse des courants (BRABANT *et al*, 1990)

Il est dommage que nous n'ayons pas, pour chacune des minéralogies citées, l'analyse granulométrique correspondante, qui aurait permis d'affiner cette interprétation. Cependant, les observations de sondages ont permis de fournir une indication sur les faciès dans lesquels ont été prélevés les échantillons. La figure 46 (p. 158) donne une indication de la texture de chacun des faciès.

IV - INFLUENCE DES VERSANTS, APPROCHE GRANULOMETRIQUE.

La Plaine maritime des Wateringues présente d'Ouest en Est des versants formés essentiellement de limon reposant sur la craie dans le Calaisis, sur la craie et des formations tertiaires souvent argileuses, et parfois sableuses dans la zone des estuaires, enfin sur une argile tertiaire à l'Est de Watten. D'Ouest en Est, l'Aa est le dernier cours d'eau recoupant pour partie les zones de limon sur craie. Au delà le parcours des rivières s'effectue uniquement sur limon reposant sur un substrat tertiaire (argile et sable), et les

héritages provenant des versants peuvent être plus argileux.

L'observation des sols (MASSON, 1979), a permis le repérage de différents niveaux stratigraphiques comportant des faciès sableux et des faciès argileux. Au dessus des tourbes de surface de l'Assise de Calais, on distingue un faciès argileux qui contient 20 à 25 % d'argile (associé à des limons) à l'Ouest de la plaine et 40 % à l'Est. Cette question a déjà été explicitée au chapitre II, fig. 44, (p. 150).

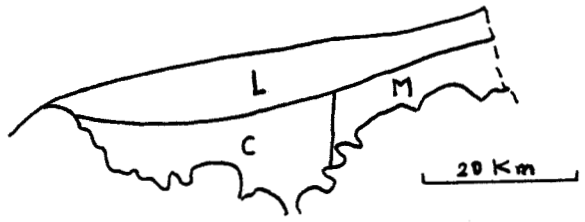
Paradoxalement, d'après la texture les matériaux du "faciès argileux" sont principalement limoneux.

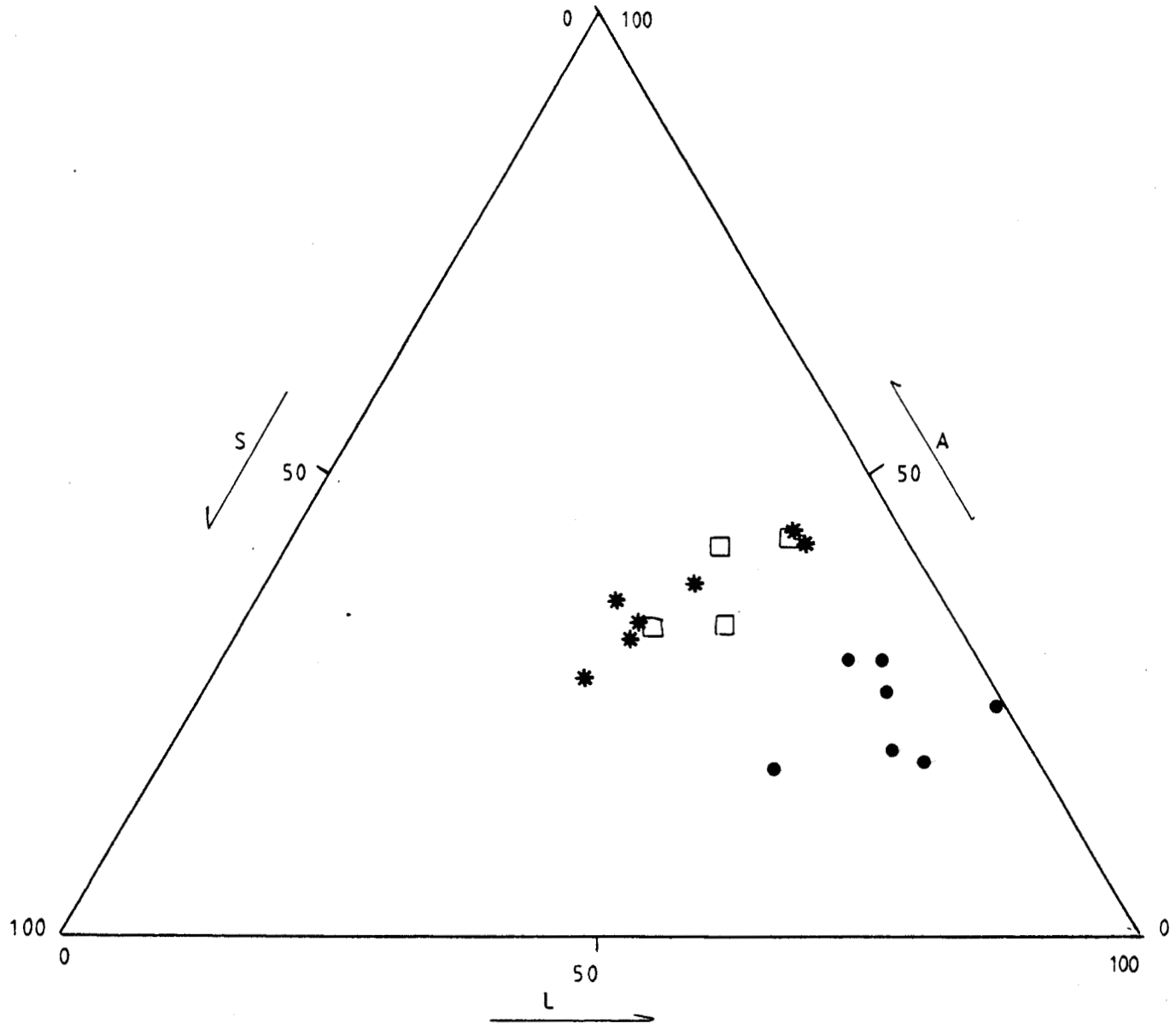
Le taux d'argile augmente donc d'Ouest en Est, en fonction de l'influence progressivement dominante des argiles des Flandres sur les versants. La figure 44 confirme donc que le "faciès argileux" de la zone Est est plus argileux (analyse I.N.R.A., SERVANT *et al*, 1971, 1972 a et b, 1973 a, MASSON, 1979). Cette variation de texture est bien caractéristique de la partie intérieure des Wateringues françaises, elle dépend d'une influence continentale,et ne semble pas dépendre d'une dynamique sédimentaire marine, qui caractérisait l'ensemble du littoral. En effet, dès que l'on s'éloigne de la bordure continentale des Wateringues (zone du marais) vers le littoral (zone de plaine), les textures deviennent uniformément argilo limoneuses, et ne suivent plus la même dispersion (fig. 47).

V - INFLUENCE DU VERSANT: APPORT DE CARBONATE DE CALCIUM

Le calcium est présent dans tous les sols de la plaine maritime, sous des formes diverses. Il s'agit d'abord de fragments de coquillages marins brisés, apparemment très peu solubles, dont les plus petits atteignent la taille des limons.

L'on trouve également du carbonate de calcium apporté sous forme soluble par les rivières et les sources, ou encore





LEGENDE

● C . "argile du marais": Calaisis et zone des estuaires (limon argileux)

✱ M . "argile du marais": zone des Moëres (argile et argilo limoneux)

□ L . "argile de la plaine": zone littorale (argile et argilo limoneux)

Fig. 47 : Diagramme de texture: faciès argileux dans la Plaine maritime des Wateringues, Nord de la France

par des héritages de cailloux et de particules solides à partir des versants. Ces apports vont influencer la distribution du calcaire dans la plaine maritime, tous deux pouvant y être à l'origine des formations de tufs ou calcaires à limnées.

Les apports de calcaire dans les sols.

Trois formes possibles d'apport ont été observées. La présence de coquillages est constatée visuellement lors des prospections de terrain, la présence de carbonates est attestée par réaction à l'acide chlorhydrique. Les analyses de sol confirment la proportion importante de carbonate de calcium dans les sols, dont la teneur la plus fréquente est de 5 à 10 % et peut dépasser 20 % (SERVANT, 1973).

La présence de carbonate de calcium dans l'eau des rivières et des ruisseaux provenant notamment des secteurs crayeux, est mise en évidence par les analyses d'eau. VERDEVOYE *et al* (1979) indiquent des teneurs qui varient de 104 à 120 mg/l de Ca^{++} dans le cours de l'Aa. Par comparaison, les teneurs les plus fréquentes des eaux provenant de terrains calcaires se situent entre 70 et 120 mg/l (BREMOND *et al*, 1979), ce qui signifie que les valeurs trouvées sur l'Aa sont relativement importantes.

Les apports de carbonate de calcium par entraînement à partir des versants sont matérialisés par la présence de débris de craie dans les vallons, rejoignant les dépôts de tufs calcaires dans la plaine (DUBOIS *et al*, 1922). Ceux-ci ont été appelés calcaire à limnées en raison de la présence de nombreuses coquilles provenant des limnées qui se sont développées dans ces dépôts.

L'observation au microscope de ces tufs montre de nombreux micro-organismes comparables à ceux formant les roches crayeuses voisines (MASSON, 1979).

L'on peut donc distinguer différentes formes de

carbonate de calcium plus ou moins actives, mais sur lesquels les analyses de sol courantes n'apportent pas, le plus souvent, d'indications sur l'origine des particules de calcaire (coquillage, craie, précipitation de carbonate de calcium en solution) et sur sa solubilité. Cependant, nous pouvons aborder cette question indirectement.

La variation du taux de calcaire dans les sols.

Les taux de calcium ($CaCO_3$) dans les sols sont plus importants à l'Ouest de l'Aa (Pas-de-Calais) qu'à l'Est (Nord).

On distingue ainsi une variation qui est fonction de la nature du substrat et des possibilités d'apport de calcaire à partir des formations crayeuses. SERVANT (1973) montre la variation des teneurs en carbonates de calcium dans les horizons Ap (1) et A3 (2) de 326 profils.

Classe des teneurs en CO_3Ca (%)	Pourcentage des observations					
	Pas-de Calais		Nord			
			Zone Ouest		Zone Est	
	Ap	A_3	Ap	A_3	Ap	A_3
0 - 5	11	8	36	8	41	39
5 - 10	28	4	44	24	42	19
10 - 15	35	18	13	32	17	23
15 - 25	25,5	56	6	33	0	16
25 - 35	0,25	8	0	0	0	0
plus de 35	0,25	6	0	0	0	0

J. SERVANT, 1973

(1) Ap: couche de terre arable travaillée par les instruments aratoires.

(2) A3: couche un peu humifère, immédiatement sous jacente à l'Ap.

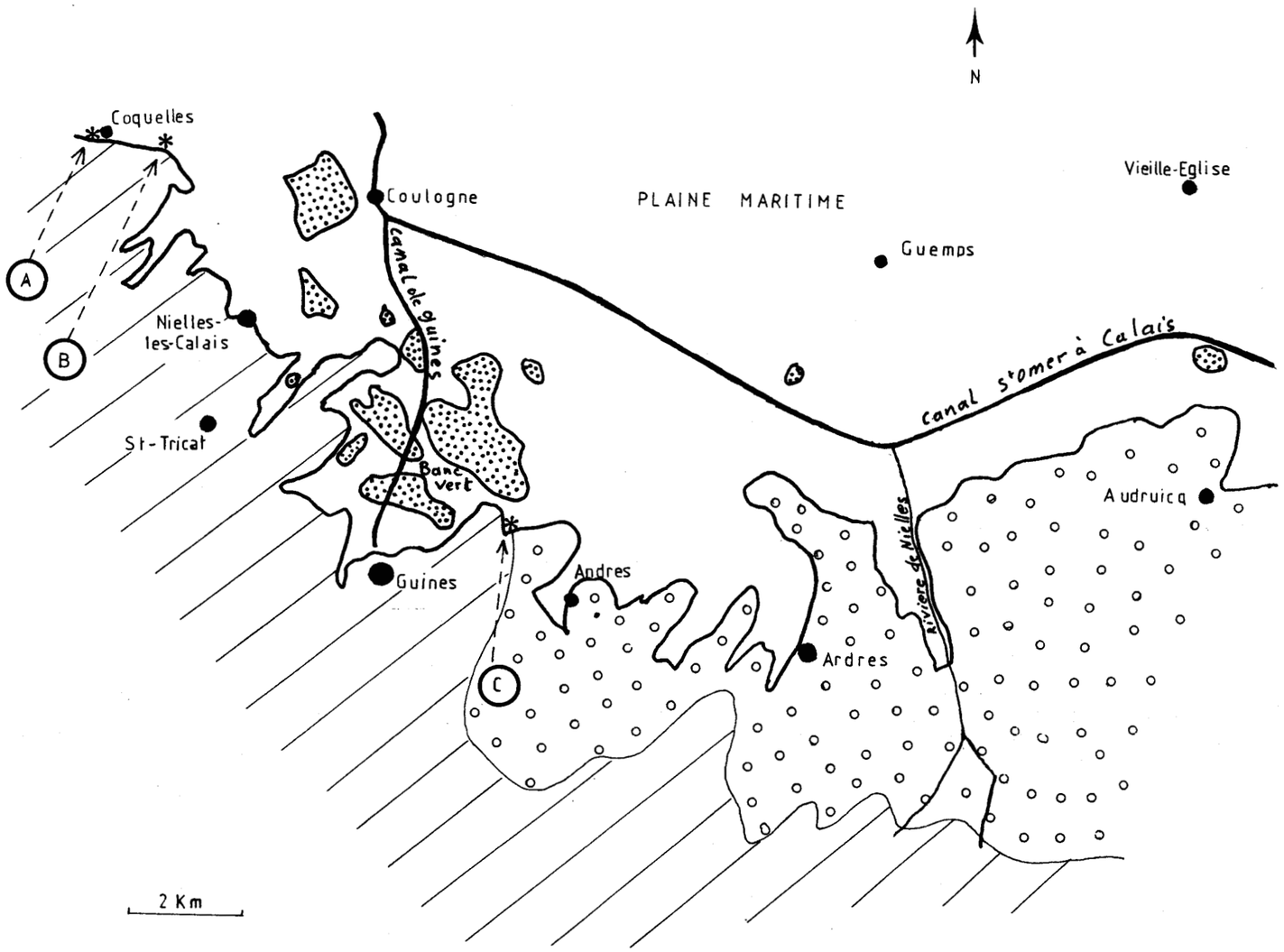
Cette variation du taux de calcaire ne semble pas en relation étroite avec la variation du pH. Celui-ci peut être influencé par le sodium et le magnésium, d'origine marine, présents dans les sols de la plaine maritime.

Distribution et âge des formations de tufs calcaires.

Les cartographies des sols réalisées par DUBOIS *et al* (1924), SERVANT *et al* (1972), MASSON (1976, 1979) et SOMME (1977) montrent la présence de tufs calcaires, matériaux friables, à granulométrie de limon, en partie hérités des formations crayeuses environnantes (fig. 48).

Ces tufs correspondent à la phase terminale de l'Assise de Calais (DUBOIS, 1924, SOMME, 1977, MASSON, 1979). En terme d'héritage, ils indiquent une période particulière de la sédimentation, de même que le faciès argileux de l'Assise de Calais ou sableux de l'Assise de Dunkerque. Il s'agit donc de dépôts caractéristiques de certaines phases et impliquant une chronologie. Les dépôts de tufs (SOMME, 1977) reposent sur la tourbe de surface de l'Assise de Calais et sont recouverts par des dépôts sableux recouvrant aussi la tourbe de surface. Ils sont donc attribués à l'Assise de Dunkerque. L'étude du vicus gallo-romain d'Ardres reposant à la fois sur les tufs et la tourbe et recouvert par les sables permet de confirmer qu'il s'agit de la phase d'épandage de Dunkerque II. Vers le Nord, un autre dépôt sableux, attribué à Dunkerque I, s'intercale entre la tourbe et les tufs.

Ces derniers dépôts correspondent donc à une période de remontée des eaux, avec l'ennoiement de la tourbe, au début de la période de Dunkerque, sur une période courte, située entre Dunkerque I et l'établissement du vicus d'Ardres (SOMME, 1977). La datation (C14) réalisée au lieu-dit le Banc Vert dans le Marais de Guines, sur des coquillages marins (Cardium), situés au sommet des tourbes de surface, à la base du tuf, donnent un âge de 2515 B.P. $\pm$ 50 (VAN DER WOUDE *et al*, 1985).

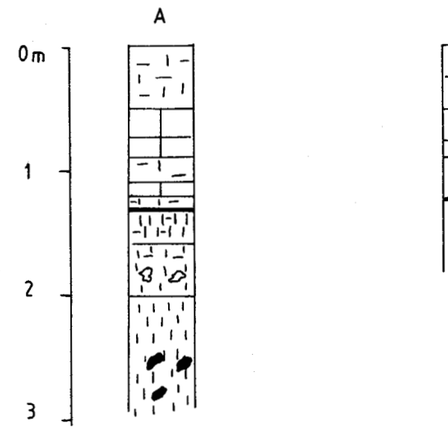


versant limoneux à substrat crayeux (sénonien)

versant limoneux à substrat sableux et argileux (landénien et yprésien)

principaux dépôts de calcaire à limnée dans la plaine maritime

* emplacement des sondages A B C réalisés en bordure de la plaine maritime, au pied du versant



tourbe

argile limoneuse ou limon argileux de la plaine maritime

boue calcaire avec coquilles de limnées

limite entre les dépôts flandriens de la plaine maritime et les dépôts de loess d'origine pléistocène, partiellement colluvionnés (sol holocène recouvert par les dépôts flandriens)

limon et limon argileux du versant recouvert par les dépôts flandriens

silex

morceau de craie

matière organique

Fig. 48 : Les formations de tufs calcaires à limnées dans le Calaisis. Plaine aritime des Wateringues. Nord de la France.

Ces tufs calcaires sont principalement regroupés dans le marais, vers l'Ouest du Calaisis à courte distance du versant à substrat crayeux. Très importants dans le Calaisis, ils deviennent inexistants à l'Est de l'Aa. Les formations les plus épaisses se situent à l'Ouest de la rivière Nielles (fig. 48, p. 167).

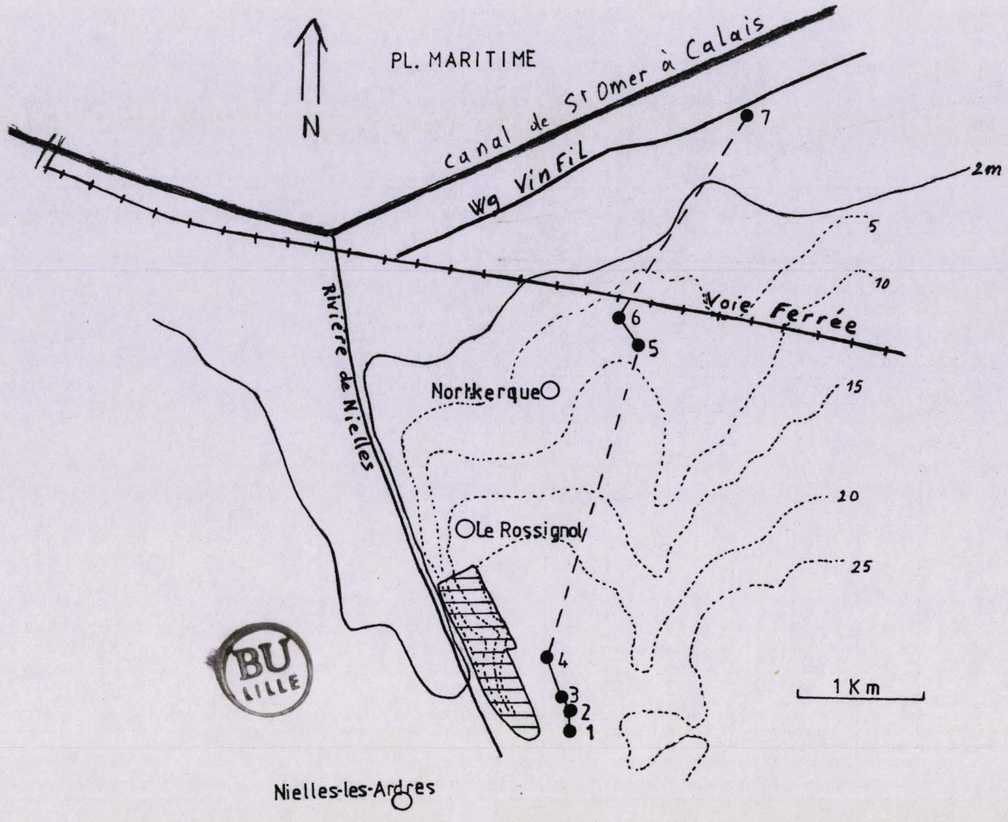
Les sondages réalisés dans les formations superficielles au bas du versant, sur le secteur de Coquelles, (fig. 49) ou dans le fond d'un vallon, sur le secteur de Andres, (fig. 49) montrent la possibilité d'apport à partir des talwegs descendant des versants à substrat crayeux (MASSON, 1979). Ces sondages révèlent la présence de matériaux crayeux sous forme de cailloux (secteur de Coquelles) ou de matériaux de granulométrie plus fine limoneux (secteur d'Andres).

VI - VARIATION SPATIALE DES CARACTERES DES SOLS

Ces exemples illustrent la diversité des sources et des phénomènes d'apports, et donc des héritages à partir des versants, en fonction de situations locales. Ces différentes situations déterminent dans les sols des caractères spécifiques.

Les travaux de l'I.N.R.A. ont montré, dans la zone Ouest, soumise à l'influence des versants à substrat crayeux et des écoulements de la nappe de la craie, des sols à structure de type grumeleux (I.N.R.A. S.E.S. 165, profils 74 - 101 - 102 par SERVANT *et al*, 1972 b). A l'inverse les sols situés vers l'Est, plus argileux, moins riches en calcaire, sont souvent moins bien structurés.

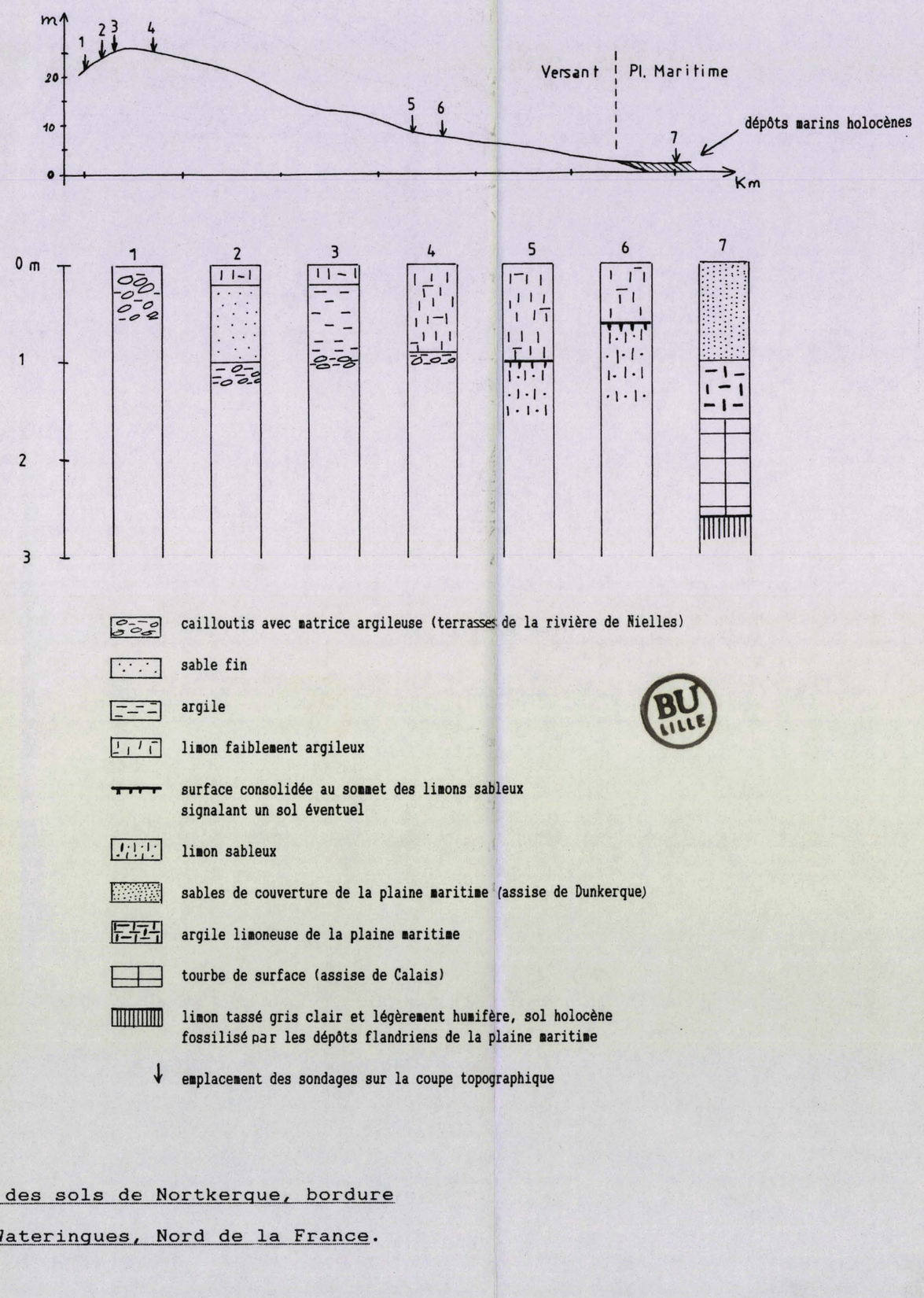
On relève également, dans la zone Est, des entraînements de matériaux fins dans les drains (Enquête



BU LILLE

LEGENDE

- Bois du Rossignol
- isohypse 2 m enveloppant les terrains de la Plaine Maritime des Wateringues située au Nord
- isohypses 5, 10, 15, 20, 25 m
- emplacement des sondages figurant sur la coupe



BU LILLE

Fig. 49 : Séquence des formations et des sols de Nortkerque, bordure de la Plaine maritime des Wateringues, Nord de la France.

drainage D.D.A.F. du Nord, MASSON *et al*, 1989); ils peuvent être imputés à une salinité latente , mais aussi à la qualité des matériaux et à la présence en quantité trop faible de calcium efficace dans les sols, ce qui ne permet pas de floculer suffisamment les argiles, ni de les stabiliser.

D'autres variations de comportement des sols peuvent être évoqués , mettant en évidence localement une chronologie en fonction d' événements successifs affectant les formations superficielles. La séquence de Nortkerque illustre ce type de situation. Plusieurs prospections réalisées par MASSON (1979) et KOSZAREK *et al* (1985)ont permis de repérer ainsi une série de dépôts successifs sur le versant descendant de Nortkerque vers la Plaine maritime (fig. 49, p. 169). Au sommet, des cailloutis et des sables correspondent aux terrasses de la rivière de Nielles (SOMME, 1977). Ces cailloutis sont associés à une matrice argileuse, l'ensemble reposant sur des argiles (points 1, 2 et 3). Ces formations sont recouvertes sur le versant par des dépôts limoneux (points 4).

Vers la partie basse du versant, se superposent deux niveaux de limons loessiques. La limite entre les dépôts est marquée dans le profil par une ancienne surface tassée, pouvant signaler éventuellement un sol ancien, mais elle est peu différenciée par les couleurs (points 5 et 6). Sur la bordure de la plaine maritime l'ancien versant limoneux s'enfonce doucement sous les dépôts flandriens. Cet ancien versant montre très nettement la trace d'un ancien sol holocène formé sur les limons et aujourd'hui fossilisé (point 7) par la partie terminale de l'Assise de Calais et par l'Assise de Dunkerque..

Nous observons donc au niveau des dépôts la succession des événements locaux qui ont influencé ou éventuellement interrompu le développement des sols.

CONCLUSION.

Les phénomènes d'héritage se sont produits à la faveur d'événements plus ou moins courts, se succédant chronologiquement, ils ont, localement, une influence souvent déterminante sur les caractères des sols.

Il en est ainsi de la minéralogie, de la teneur en argile, en limon ou en carbonate de calcium. L'étude des sols, devra donc passer par l'approche de mécanismes d'héritages, de processus pédogénétique, de la lithostratigraphie, et enfin de la chronologie.

CHAPITRE IV

LES SOLS DE LA FLANDRE INTERIEURE. (Exemple du périmètre de Méteren)

INTRODUCTION.

La Flandre intérieure ou Houtland se définit comme une unité géographique du Bas Pays (SOMME, 1977), dont les sommets des collines ont des altitudes proches de celles du Haut Pays: Mont Cassel (176 m), Mont des Récollets (159 m), Mont des Cats (164 m), Mont Noir (150 m). La Flandre intérieure (fig. 52 p. 189) est cernée au Nord et au Nord Ouest par la Plaine maritime des Wateringues, au Sud Ouest par le Marais de Saint-Omer, et la dépression de Neuffossé, au Sud, par la Plaine de la Lys. A l'Est, les paysages de la Flandre intérieure se prolongent sur le territoire belge. A l'Ouest, les formations tertiaires argileuses et sableuses se prolongent au delà de la dépression de Neuffossé jusqu'au pied du Haut Pays.

Dans ce chapitre, nous présentons une région de petites collines dont les formations géologiques quaternaires (limons et cailloutis) et tertiaires (sables et argiles) sont

meubles, et se distinguent parfois difficilement. Il s'agit d'un ensemble complexe de formations auquel correspondent des sols actuels et des paléosols fossiles. La compréhension des sols dépend pour partie de la connaissance des formations superficielles.

I - LE MODELE ET LES PAYSAGES DE LA FLANDRE INTERIEURE.

Topographiquement, le modelé de la Flandre intérieure comprend un trait caractéristique, l'alignement des collines de Flandre, orienté d'Ouest en Est. SOMME (1977) décrit cet alignement qui se prolonge de part et d'autre de la Flandre intérieure, à l'Ouest, dans le pays de Licques, (les Noires Mottes); à l'Est, il signale les collines existant sur le territoire belge, Mont Rouge, Mont de Vidaigne, Mont Kemmel, Mont Aigu, Mont de Renaix. L'ensemble forme un alignement de buttes témoins tertiaires, sommets d'un secteur au relief de petites collines.

Au Sud de cet alignement existe une zone vallonnée, qui se termine par un talus souvent abrupt , sur les plaines adjacentes: Plaine de la Lys, Marais de Saint-Omer, dépression de Neuffossé.

Au Nord, le Houtland se présente sous forme d'un glacis descendant lentement vers la Plaine maritime des Wateringues. Le relief y est très peu mouvementé. Dans cette zone Nord, une dépression un peu plus importante a pour origine la vallée et l'ancien golfe de l'Yser (SOMME *et al*, 1978).

Au Nord de Cassel, le contact avec la Plaine maritime est très doux et la transition avec la Plaine maritime des Wateringues est parfois peu perceptible au niveau de la topographie. Par contre, en s'éloignant vers l'Ouest, la ligne de partage entre les deux petites régions s'infléchit vers le Sud, se rapprochant ainsi du secteur correspondant à la zone vallonnée de l'alignement des collines de Flandres. Les

formations de la Flandre intérieure se relèvent donc, formant parfois une véritable falaise dominant la Plaine maritime. Ceci est observé dans les secteurs de Merckeghem et Watten.

II - GEOLOGIE

La Flandre intérieure comprend un ensemble de formations quaternaires souvent limoneuses qui masquent les formations tertiaires plus anciennes.

1/ Les formations tertiaires.

Les formations tertiaires sont représentées par des matériaux argileux: argiles d'Orchies de l'Yprésien inférieur, et argiles sableuses et glauconieuses de l'Yprésien supérieur.

Sur les buttes témoins du Mont Cassel, du Mont des Récollets, du Mont des Cats, etc., nous observons la succession suivante de la base vers le sommet: les sables verts glauconieux avec passages argileux du sommet de l'Yprésien supérieur de faciès panisélien, puis les sables blancs calcareux et les grès calcareux du Lutétien inférieur, les sables chamois calcareux du Lutétien supérieur, les argiles plastiques de Cassel du Bartonien, enfin les sables jaunes et grès roux ferrugineux (Pliocène supérieur) du Diestien (WATERLOT, 1969, WATERLOT 1968, SOMME 1967 b, 1977, ODIN *et al*, 1972).

2/ Le Quaternaire.

Le Quaternaire est représenté essentiellement par des formations loessiques qui ennoyent le plus généralement les autres formations. On distingue des loess anciens, antérieurs à la dernière période glaciaire, et des loess récents déposés

pendant la période weichselienne (SOMME, 1977). Ces divers types de limons ne sont pas distingués sur les cartes géologiques et sont regroupés sous l'appellation de limons pléistocènes.

A la base des limons et surtout sur les buttes de moyenne altitude, nous trouvons des cailloutis de terrasses anciennes (Montagne de Watten, Bois des Huit Rues, Morbecque, Colline de Méteren, etc.). Ces cailloutis peuvent apparaître parfois en coupe comme de simples lits de cailloux épars. Ces cailloutis peuvent avoir pour origine les silex de la craie provenant de l'Artois, mais aussi le démantèlement des formations tertiaires dont il ne reste que quelques témoins: galets et grès ferrugineux que l'on retrouve sur le Mont Cassel ou le Mont des Récollets.

Le Quaternaire de la Flandre intérieure comprend, également des formations marines du Pléistocène moyen reconnues dans la coupe de la briquetterie d'Herzeele. Ces formations sableuses du golfe ancien de l'Yser, sont recouvertes par des limons pléistocènes et ne peuvent être identifiées que par sondage (SOMME *et al*, 1978).

III - LES COLLINES DE METEREN.

Le secteur des collines de Méteren, dont il sera également question au ch. V, p. 209, illustre assez correctement la morphogénèse des formations superficielles et des sols de la Flandre intérieure. La cartographie a été réalisée avec un espacement entre sondages de 400 m correspondant à une observation par cm^2 pour une carte à 1/40 000. Sur une partie du territoire le nombre de sondages a été doublé ce qui correspond approximativement à un levé à 1/30 000.

1/ La situation géographique.

Le périmètre de Méteren est un secteur de collines basses situé au Sud de l'alignement des collines des Flandres (Mont des Cats), en bordure de la Plaine de la Lys (Cf fig. 53, p. 192, et fig. 60, p. 210).

2/ Rappel de la géologie.

D'après la carte géologique d'Hazebrouck (LEPLAT *et al*, 1984), le substrat du secteur est formé de l'argile supérieure de Roubaix. Toutefois, comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, la morphogénèse quaternaire de la Flandre est complexe. on y a noté des niveaux de dépôts fluviatiles graveleux, des dépôts sableux, mais surtout des limons quaternaires qui recouvrent, dans la majorité des sites, les formations tertiaires.

Remarquons que dans cette région les sols de limons sont dits "*d'argile*" et ceux sur argile tertiaire sont appelés "*clyte*" (WATERLOT, 1968).

3/ Les résultats de la prospection.

Le périmètre peut être divisé en deux parties:
- dans la partie sud , la plus basse, la couverture limoneuse est épaisse (3 m et plus) et continue, excepté dans les talwegs où des alluvions argileuses ou sableuses occupent la partie inférieure des profils.
- dans la partie nord, plus accidentée, divers matériaux autres que les limons ont été rencontrés, leur origine est variée:

- un épandage lâche de galets et de morceaux de grès ferrugineux provenant vraisemblablement du démantèlement du Diestien dont le témoin le plus proche se situe sur le Mont des Cats,

- divers lambeaux de terrasses fluviatiles anciennes, graveleuses à la base et plus ou moins sableuses au sommet,

- des sols argileux liés ou non aux talwegs.

Excepté dans le cas d'épandage lâche, rencontré dans quelques sondages, mais surtout observé à la surface des terres labourées, les cailloutis et les graviers ne sont le plus souvent visibles que dans des sondages isolés. Leur limite d'extension, qui parfois ne peut être correlée avec le relief, n'est pas déterminée avec précision,(fig. 50).

Le zonage de la carte présente les unités suivantes:

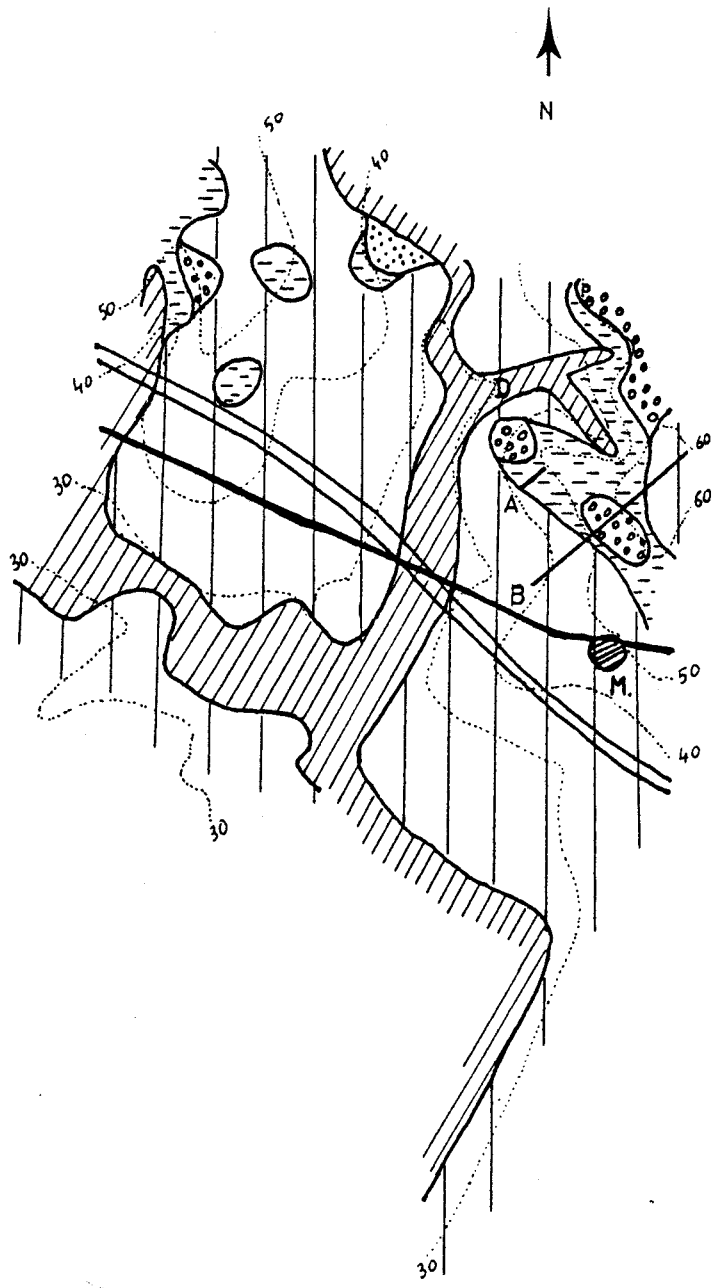
1. Limon profond dépassant 1,6 m
2. Argile alluviale parfois recouverte de limon
3. Argile supposée tertiaire sous couverture limoneuse
4. Cailloutis sous couverture limoneuse ou limono sableuse
5. Sable et argile inférieurs surmontés de limon.

4/ Commentaire de la carte.

Nous retrouvons donc plusieurs éléments présentés précédemment sur les formations de la Flandre intérieure. Ce périmètre nous montre la complexité des formations de cette région, avec notamment 3 cas de figure intéressants :

1. Les cailloutis
2. L'affleurement des argiles en fonction de convexités de sommets de versants et la disposition des limons de couverture.
3. Les héritages de sable et d'argile dans les talwegs en fonction des formations environnantes.

Le dernier point intéresse de nombreux talwegs dont les formations sont commodément appelées alluvions ou colluvions, mais dont la détermination devraient relever de systèmes d'analyse plus fine.



LEGENDE

- Limon profond dépassant 1,6 m
- Argile alluviale parfois recouverte de limon
- Argile tertiaire sous couverture limoneuse
- Cailloutis sous couverture limoneuse ou limono-sableuse
- Sable et argile surmontés de limons

M. Méteren

D. Vallon du Dail

A et B Coupes de la figure 51

R.N. 42

Autoroute A 25

Courbes de niveau

Fig. 50 : Les formations superficielles du périmètre de Méteren.

IV - DISCUSSION SUR LES PARTICULARITES DES FORMATIONS DE COUVERTURE DE LA FLANDRE INTERIEURE.

L'exemple du secteur de Méteren, permet d'aborder un certain nombre de particularités des formations de couverture de la Flandre intérieure. Dans cette région, la distinction entre les formations quaternaires et tertiaires peut être difficile dans la mesure où certains faciès du substrat, argileux ou sableux, ont pu être remaniés ultérieurement à leur dépôt.

Les limons ont une répartition qui peut paraître aléatoire, en ce qui concerne: leur disposition sur les reliefs, leur présence, leur épaisseur et leur texture; cependant les sondages réalisés sur ce territoire mettent en évidence plusieurs faits, que nous décrivons ci-après. (GILLERON *et al*, 1985, REVILLON *et al*, 1987, MASSON, 1975, MASSON *et al*, 1984 b)

1/ Epaisseur des limons

L'épaisseur des limons varie suivant les zones décrites plus haut. Au Sud et au Sud-Est, en arrière des collines de Flandre, les limons sont épais, parfois de plusieurs mètres.

A l'inverse, à l'Ouest des reliefs, exposés aux vents dominants, des matériaux argileux affleurent.

Au Nord des collines de Flandre, le manteau limoneux du glacis va s'amincissant pour devenir parfois très peu épais (0,25 m) à proximité de la Plaine maritime.

2/ Affleurement des matériaux argileux.

Les matériaux argileux affleurent ou sub-affleurent sur les pentes fortes, à la retombée de la Flandre intérieure

sur les zones basses environnantes: Plaine maritime, Marais de Saint-Omer et dépression de Neuffossé. Les argiles affleurent encore sur les versants accusés des principaux reliefs: Mont des Cats, Mont Cassel, Mont des Récollets, ainsi que sur les parties convexes du sommet des versants tournés vers l'Ouest, de nombreuses petites collines, comme celle de Méteren.

La répartition des affleurements argileux ne correspond pas forcément à des zones d'ablation d'anciens dépôts limoneux. En effet, il existe une variation continue des dépôts entre les secteurs argileux et limoneux montrant une certaine stabilité des formations limoneuses. Les zones argileuses correspondent aux surfaces où la vitesse des vents a été la plus importante, lors des périodes froides, et où les dépôts de loess ont été les plus faibles. Il s'agit du dispositif général de la dissymétrie périglaciaire des versants des vallées et vallons. La figure 51 montre un exemple de disposition du substrat argileux et de la couverture limoneuse sur la convexité de la butte de Méteren. (MASSON, 1975).

3/ La variabilité spatiale de la texture des limons.

Au Nord des collines de Flandre, au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'Est, les dépôts limoneux semblent devenir plus argileux, notamment à partir de la limite des feuilles de Cassel et de Steenvoorde. On perçoit parfois un enrichissement en argile d'un horizon intermédiaire, de type Bt, caractérisés par des revêtements argileux, conséquence du lessivage des horizons sus-jacents.

Il est possible également que nous nous trouvions dans un système complexe de dépôts loessiques récents, peu épais, recouvrant des sols tronqués plus ou moins anciens.

SOMME *et al*, (1978) décrivent dans le golfe ancien de l'Yser, sur la coupe d'Herzeele, des formations marines du Pléistocène moyen (Holsteinien). Ils indiquent que ces dépôts

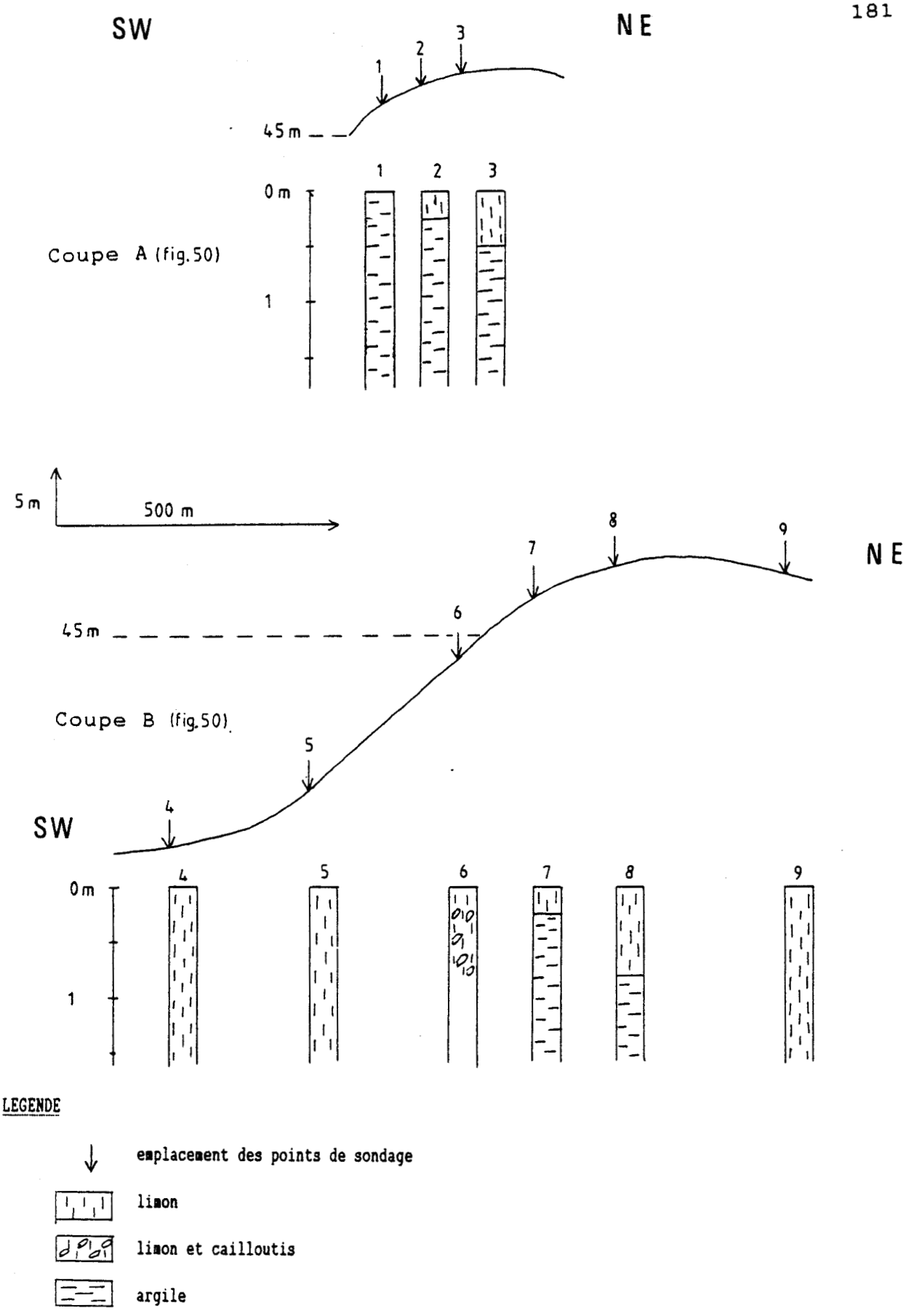


Fig. 51 : Disposition du substrat argileux et de la couverture de loess pléistocène sur la convexité de la butte Méteren. Nord de la France.

marins sont recouverts par des formations loessiques dans lesquelles on observe deux horizons Bt hydromorphes. Le paléosol supérieur tronqué, correspondant au sol de Rocourt, attribué à l'interglaciaire éémien. La présence, à faible profondeur, de dépôts antéweichseliens est courante dans cette zone de faible recouvrement, surtout vers le haut des versants. Ainsi, à Poperinghe, en position sommitale, le sol de Rocourt est masqué par une mince couverture du Pléniglaciaire weichselien supérieur (PAEPE *et al*, 1967, PAEPE, 1968 a).

Il apparaît ainsi que des limons, plus argileux et affleurant de façon discontinue dans cette zone, pourraient être corrélés avec le sol de Rocourt, ou même éventuellement avec des paléosols plus anciens. Il pourrait en être ainsi des sols de buttes, où les limons plus argileux, ont déjà été signalés précédemment, ou encore des sols de limon argileux distingués sur les cartes des terres agricoles de Cassel et de Steenvoorde - Hondschoote - Dunkerque - Calais, pour la zone située au Nord Est de l'alignement des collines des Flandres et descendant vers le golfe ancien de l'Yser (GILLERON *et al*, 1985, REVILLON *et al*, 1987).

4/ Les formations de remplissage des vallons et talwegs.

Pour expliquer l'origine des dépôts ennoyant les vallons et talwegs, plusieurs phénomènes peuvent être évoqués:

* Le colluvionnement: l'hypothèse la plus couramment avancée est celle de formations colluvionnées à partir des versants, soit par entraînement naturel, soit à partir de l'activité humaine. Il est, cependant, possible d'envisager d'autres propositions.

* Le remplissage initial par les limons: Les dépôts initiaux de limons peuvent remplir les dépressions, d'autant plus que celles-ci correspondent à des zones favorables au

ralentissement du vent et à l'accumulation de limons. Ces accumulations préférentielles ont entraîné souvent une dissymétrie des versants des collines (SOMME, 1966) que l'on retrouve fréquemment dans d'autres petites régions (Exemple de Oisy-le-Verger, en bordure de la Sensée FOURRIER, 1985). Elles ont provoqué aussi la dissymétrie des vallées, ou accentué celle existante (Exemple de Lefaux, dans le pays de Montreuil MASSON et PELLETIER, 1979), et même parfois le déplacement de l'axe des vallées et vallons.

Ces variations d'épaisseur et de disposition des limons peuvent préciser le mode de dépôt des loess, et montrent la relative stabilité de ces dépôts depuis le dernier glaciaire.

* L'alluvionnement. Les causes de remplissage des dépressions que nous venons de voir pourraient être plus importantes que les phénomènes d'entraînement des limons par l'eau dans les vallées. En effet, cet entraînement suppose une phase d'érosion dont le résultat se traduirait, à l'amont, par un creusement des vallons, et, à l'aval, par l'accumulation de dépôts fluviatiles en strates différenciées dans les zones basses.

Or l'apport par érosion hydrique à partir des versants environnants n'est pas toujours suffisant pour expliquer l'accumulation des limons, d'autant que les sites ne s'y prêtent pas dans tous les cas, en raison de leur pente trop élevée. Le transfert par l'eau peut expliquer l'accumulation de matériaux limoneux dans certaines vallées où l'on observe un écoulement permanent, dans la mesure où d'autres matériaux de comblement que les limons y sont observés, et forment des strates successives de dépôts fluviatiles de sables, de limons, et d'argiles parfois humifères, ainsi que des tourbes. On constate que, même dans ce cas, la majeure partie de la vallée est recouverte par un dernier niveau supérieur de limons pléistocènes éoliens, comblant le fond des vallées.

Les matériaux des vallons secondaires peuvent également provenir des pentes environnantes. Cette hypothèse est appliquée en cartographie, dans la Flandre intérieure, pour les aménagements agricoles nécessitant le repérage des dépôts sableux. Comme la couverture limoneuse masque les lentilles de sable sur les versants des vallons, on sonde dans l'axe de ces vallons, et on vérifie l'existence ou non, sous la couverture limoneuse, de litages sableux. Ces sables ont pour origine l'ablation de formations sableuses des versants voisins, dans la période précédant l'épandage des limons. Il suffit donc de renforcer, ensuite, le maillage des sondages sur les versants environnants pour découvrir les formations sableuses: Celle-ci peuvent être d'âge quaternaire, ou appartenir au substrat antéquaternaire.

* La disposition dans les vallons des différents types de dépôts. Les vallons en Flandre intérieure sont comblés d'une succession de dépôts argileux, limoneux, sableux ou tourbeux, avec parfois la combinaison verticale de plusieurs d'entre eux, suivant l'environnement des vallons. Il n'est pas toujours possible de savoir a priori l'origine et la nature (argileuse, sableuse, limoneuse) de ces matériaux de remplissage. A l'inverse les vallons des régions de limon sur craie sont remplis presque exclusivement de limons.

* Le mécanisme de piégeage des argiles. Les dépôts argileux supposent une sédimentation lente et une stagnation relative de l'eau: leur présence laisse donc supposer un blocage ou un ralentissement de l'eau dans des zones dépressionnaires à très faible pente.

Le piégeage des argiles s'est réalisé lors de stagnations d'eau dans des dépressions subhorizontales à substrat imperméable. L'on peut se poser la question de la disposition des zones de piégeage des dépôts argileux les plus

récents, reposant sur les limons. Ces argiles sont souvent humifères, situées dans des vallons ou dépressions fréquemment disproportionnées par rapport à leur bassin-versant, et au profil topographique irrégulier. Ce que signale également SOMME (1965 b).

Le vallon du Dail affluent de la vallée de la Becque Méteren constitue une zone intéressante de piégeage des argiles; il s'agit d'un vallon très large, sans rapport avec son bassin-versant de dimension réduite. Le fond du vallon est subhorizontal et à pente très faible. Les sondages ont mis en évidence, dans le fond du vallon, des argiles lourdes riches en matière organique en surface (sol de couleur noire). Le dépôt argileux dépasse 1,20 m d'épaisseur et repose sur des limons argileux ou des argiles limoneuses de coloration plus claire.

Il s'agit d'une zone humide, d'un semi-marais à fond plat, présentant une légère cuvette non signalée sur la carte I.G.N., dont le drainage a du être aménagé par la création de fossés d'assainissement.

IV - PEDOGENESE.

Les sols observés en Flandre intérieure, se sont généralement développés sur des matériaux limoneux ou argileux que nous avons signalés précédemment. Il s'agit, très souvent, de sols brunifiés, faiblement lessivés avec un horizon décalcifié surmontant un horizon Bca; l'entraînement des argiles dans le profil est relativement faible, et conduit le plus souvent à des sols bruns faiblement lessivés, et parfois bruns lessivés. Ces sols sont souvent marqués par l'hydromorphie en raison de matériaux argileux sous-jacents provoquant la formation d'une nappe. Seules les zones où les limons sont très épais (exemple de la zone Sud de Cassel, GILLERON *et al*, 1985) permettent un bon drainage du profil sur

une profondeur qui dépasse 0,80 m.

* Les sols argileux des collines. Les sols développés sur des affleurements argileux sont souvent situés sur des sommets de versants exposés vers l'Ouest; le recouvrement de loess épais ne débute, sur les hauteurs, qu'au delà de la convexité de la bordure ouest des reliefs, et s'épaissit progressivement sur la zone plate sommitale, puis sur l'autre versant exposé à l'Est. (Seuls les talus aux pentes très fortes échappent à ce dispositif). Ces surfaces argileuses, comme nous l'avons vu précédemment, ne sont peut-être pas des surfaces érodées, mais simplement des secteurs où les loess ne se déposent pas dans la mesure où la vitesse des vents y est plus élevée. On suppose qu'il s'agit de surfaces ayant subi plusieurs cycles pédogénétiques (Balenberg, Hoogan Hill, Cassel, etc.) L'héritage complexe de ces cycles n'est sans doute pas reconnaissable, d'autant que l'hydromorphie prononcée est l'indice d'une remobilisation du fer entraînant la disparition des colorations dues aux genèses antérieures. Cependant, l'étude des formations limoneuses voisines permettrait de reconstituer l'histoire de ces sols.

* Les sols limoneux. D'après les travaux réalisés pour la C.D.T.A. (GILLERON *et al*, 1985), il existe des sols développés sur des limons très faiblement argileux dans la partie Ouest de la Flandre intérieure et au Sud des collines, alors que, dans le secteur compris entre l'alignement des collines de Flandre et l'ancien golfe de l'Yser, les limons sont assez fréquemment plus argileux.

La disposition des dépôts et des sols dans ce secteur montre une superposition de matériaux limoneux peu argileux sur d'autres plus argileux. Ceci permet d'envisager l'existence de dépôts weichseliens sur lesquels se développent des sols bruns faiblement lessivés, récents, reposant sur des sols plus

anciens, développés dans des limons.

Dans les vallées et les dépressions, les matériaux de remplissage limoneux s'intercalent avec d'autres matériaux, argileux et sableux, montrant différentes étapes de dépôt auxquelles peuvent être associés différents cycles pédogénétiques.

* Les sols anciens. On constate l'affleurement ou le subaffleurement de matériaux argileux qui ont subi une évolution pédogénétique parfois ancienne.

Dans le cas où les matériaux seraient restés à l'affleurement durant plusieurs périodes climatiques, glaciaires ou interglaciaires (colline de Méteren) on peut supposer que de nouvelles évolutions pédogénétiques ont partiellement effacé les caractères anciens conférant à ces sols un nouveau développement. Parfois ces sols anciens ont pu être recouverts par des matériaux plus récents conservant ainsi l'ensemble de leurs caractères hérités.

Ces situations sont observées assez exceptionnellement comme nous l'avons vu précédemment, dans la mesure où le substrat argileux conduit nécessairement ces sols à conserver une humidité importante, telle que se produisent des phénomènes de réduction et de remobilisation du fer. D'autre part la couverture limoneuse limite fréquemment l'observation des sols anciens et conduit à en sous estimer l'importance, notamment dans la zone sud de la Flandre intérieure où les dépôts limoneux sont plus épais.

* La disposition des limons et des sables dans les sols. Elle joue un rôle important, à la fois sur la pédogénèse, sur les comportements et sur les modalités d'utilisation des sols. Les sables modifient la dynamique de l'eau, la perméabilité, l'écoulement de la nappe de subsurface, créant des mouillères. Ils améliorent souvent le drainage des limons superficiels,

qui reste imparfait en raison de la présence de limons argileux ou d'argile sous-jacente.

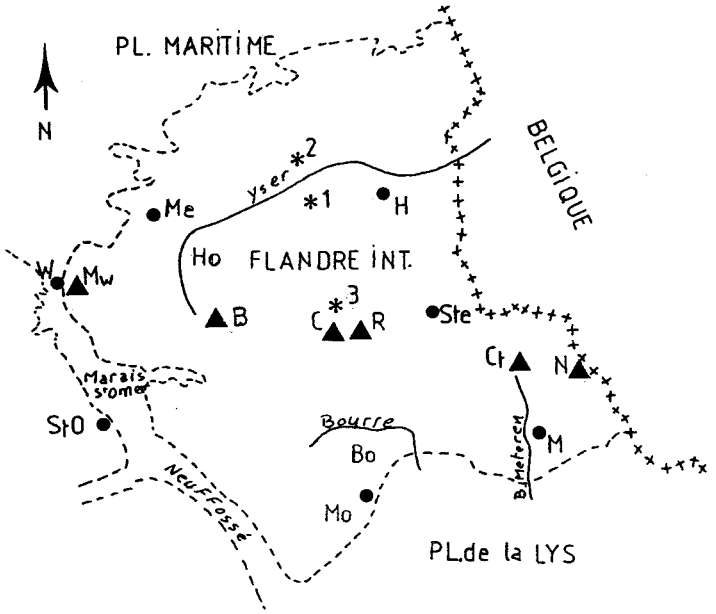
Ils conditionnent la mise en valeur en raison de leur instabilité, d'où les risques de colmatage des drains, d'effondrement des berges des fossés d'assainissement etc.

Sauf sur les collines où les sables affleurent, la disposition générale des matériaux est la suivante: sur les argiles inférieures (argiles d'Orchies) reposent de façon discontinue des sables, eux-mêmes recouverts par des limons. Les sables proviennent soit de l'épandage sableux marin (de la formation d'Herzeele dans le golfe de l'Yser), soit du démantèlement des dépôts sableux anciens dont il ne reste que quelques témoins sur les collines (sables diestiens ou sables lutétiens).

Les sables qui s'intercalent entre les limons et les argiles sont fréquents dans l'alignement des collines de Flandre.

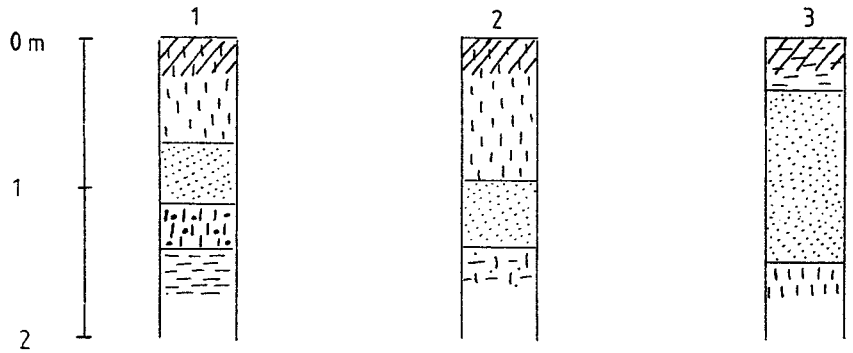
Les observations réalisées à ce jour lors des différentes prospections sont insuffisantes pour mettre en évidence tous les mécanismes ayant conduit à la genèse des dépôts et des sols. On peut envisager l'hypothèse de plusieurs périodes d'épandage des sables, soit sur des secteurs voisins, soit se superposant. La figure 52 montre plusieurs exemples de superpositions de niveaux sableux et limoneux dans le secteur de Méteren.

De nombreux galets et grès, provenant des formations sableuses, forment dans les profils de sol, des lits assez lâches mais mettant en évidence d'anciennes surfaces (Exemple des cailloutis, signalés fig. 50 p. 174, sur les collines de Méteren).



Ho . Hoogan Hill
H . Herzeele
Me . Merckeghem
Bo . Bois des Huit rues
Mo . Morbecque
W . Watten
Mw . Montagne de Watten
B . Balenberg
C . Mont Cassel
R . Mont des Récollets
Ct . Mont des Cats
N . Mont Noir
Ste . Steenvoorde
M . Méteren
StO . Saint-Omer

* emplacement des sondages



LEGENDE

- limon (faiblement argileux et parfois sableux)
- sable
- limon argilo-sableux
- argile limoneuse
- matière organique
- concrétions de fer Manganèse

n° sondages	repérage géographique des sondages xy	alt. N.G.F.
n° 1	607,1 - 352,8 - 1	21 m
n° 2	605,5 - 354,9 - 1	20 m
n° 3	611,0 - 347,9 - 4	36 m

Fig. 52 : Superposition de niveaux sableux et limoneux dans la Flandre Intérieure. Nord de la France.

CONCLUSION

Il apparait donc que dans la Flandre intérieure, l'étude de la disposition des formations limoneuses, de leurs différents épandages, des héritages des formations tertiaires (sables, argiles, cailloutis), du remplissage des dépressions, permettent de retrouver le mode de répartition des formations superficielles. Les sols et les paléosols se sont développés sur des dépôts différents en épaisseur, nature et ancienneté. Les secteurs à recouvrement faible ou tronqué, sont les plus complexes dans la mesure où les sols anciens peuvent être "réactivés" et se confondre avec les sols actuels (sols polyphasés). Il s'agit, dans ce cas, d'un héritage de caractères.

Les approches pédologiques et lithologiques sont donc complémentaires pour la cartographie des sols de la Flandre intérieure.

CHAPITRE V

LES SOLS DE LA PLAINE DE LA LYS ET DE SES BORDURES.

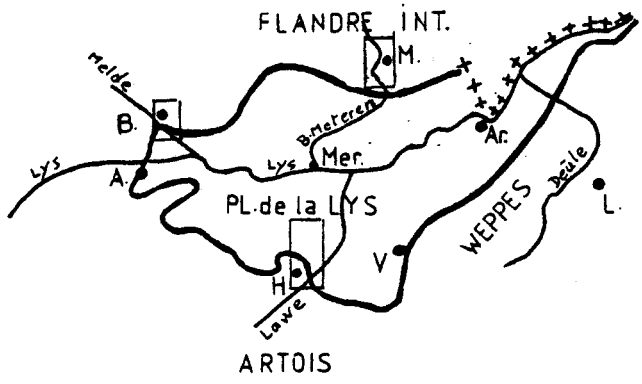
Etude de quelques sites.

La Plaine de la Lys constitue une vaste dépression comblée par des alluvions et des loess quaternaires. Les dépôts alluviaux sont apportés par les rivières qui descendent des versants entourant la plaine, et donc hérités des formations qui y sont représentées.

Plusieurs sites, situés sur les bordures Nord et Sud (fig. 53), ont fait l'objet d'études qui ont permis d'en reconnaître les dépôts et les sols.

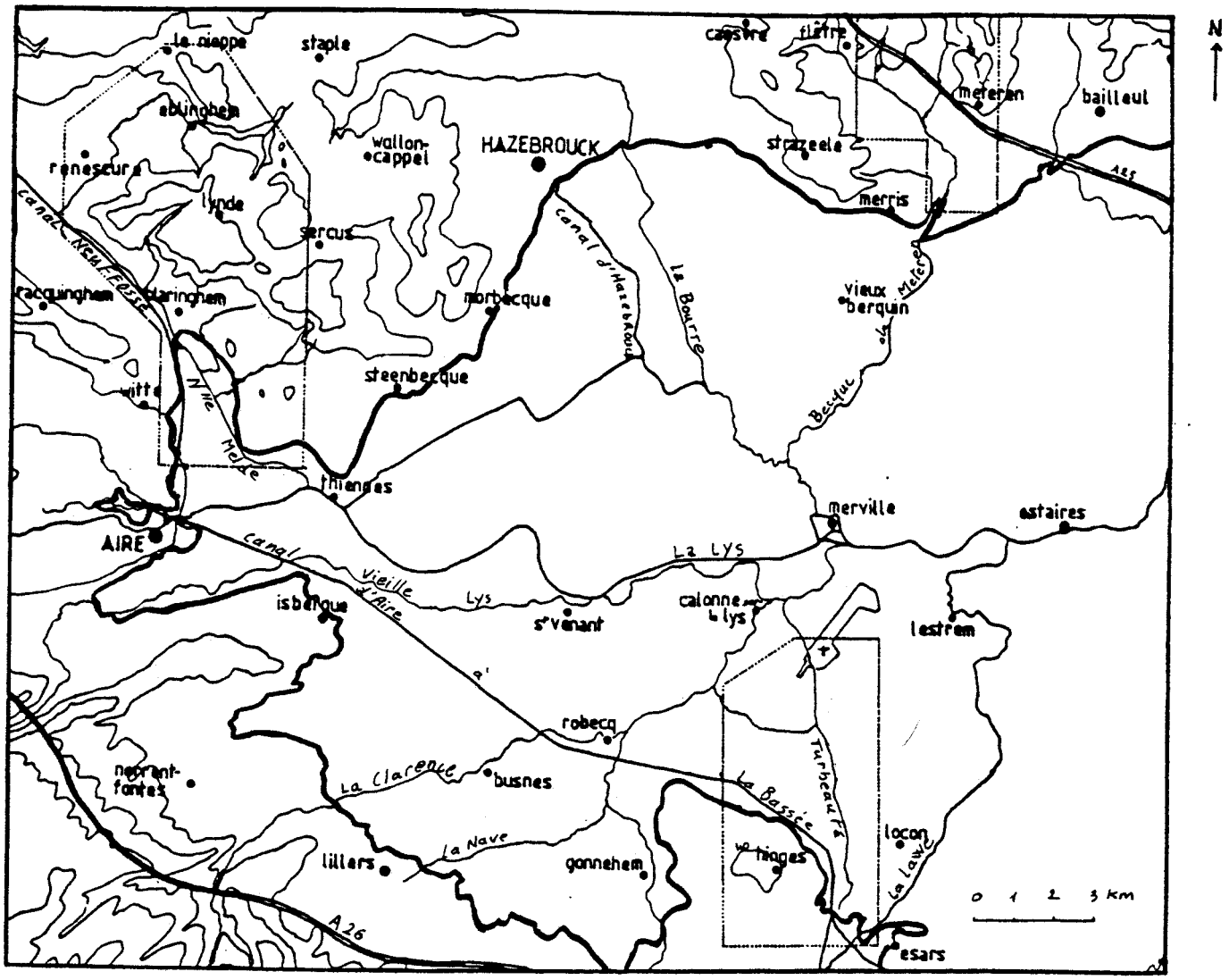
- Le secteur d'Aire sur la Lys - Blaringhem, au débouché de la Melde;
- Le secteur de Méteren avec le ruisseau de la Becque Méteren;
- Le secteur d'Hinges.

Sont ainsi examinés, dans ces secteurs, les héritages, la chronologie des dépôts et des sols. Ces héritages successifs expliquent la variabilité des caractères des dépôts et, en partie, celle des horizons de sol, dont l'évolution est encore modifiée par des événements récents, tels que la remontée de la hauteur de la nappe dans la plaine.



A. Aire-sur-la-Lys
B. Blaringhem
M. Méteren
Mer. Merville
Ar. Armentières
L. Lille
H. Hinges
V. Violaines

+++ Frontière Franco-Belge



LEGENDE

isohypse 20 m enveloppant les terrains de la Plaine de la Lys

limite des secteurs d'étude de Blaringhem, Méteren et Hinges

Fig. 53 : Situation des secteurs d'Aire-sur-la-Lys - Blaringhem, de Méteren et d'Hinges. Plaine de la Lys, Nord de la France

La complexité du milieu engage à un dispositif de reconnaissance qui privilégie les distinctions entre les dépôts ou entre les principaux horizons de sol. L'utilisation de la méthode progressive permet de préciser l'image, au départ partielle, des dépôts et des sols. Elle explique la nécessité de représentations incomplètes, suffisantes pour l'application, mais ne fournissant pas d'emblée toutes les explications lithologiques ou pédologiques.

I - PRESENTATION DE LA PLAINE DE LA LYS.

La Plaine de la Lys (Cf chapitre I, II• partie, p. 125), comprend un certain nombre de particularités en ce qui concerne sa morphologie et ses sols. Les versants environnant la plaine sont formés de loess recouvrant un substrat antéquaternaire formé souvent d'argile ou de sable tertiaire.

Ce substrat tertiaire se prolonge sous les dépôts quaternaires de la plaine: alluvions et loess. Il présente un certain nombre de reliefs anciens ennoyés jusqu'à leur sommet par les dépôts plus récents. Il s'agit notamment dans la partie sud de la plaine d'anciens sites d'interfluves. Au niveau de la partie sommitale de ces sites on constate la présence à faible profondeur de matériaux sableux (Busnes, Violaines) ou argileux (secteur d'Hinges - Merville)

Les dépôts supérieurs de la plaine sont le plus souvent limono-argileux à argilo-limoneux (PAEPE, 1964, 1968 b). Cependant, au delà d'Armentières, la plaine devient plus étroite, l'altitude se relève légèrement notamment au niveau de la confluence avec la Deûle, cependant que les vallées s'encaissent, et que celle de la Lys proprement dite se creuse jusqu'à environ 10 m, à la frontière belge. Les formations superficielles sont, dans ce dernier secteur, formées de limons légers, parfois sableux, reposant sur des

sables. Ces limons ressemblent aux loess récents observés sur les versants des collines.

Les cartes géologiques plus anciennes à 1/80 000 (WATERLOT, 1957) et à 1/50 000 de Saint-Omer et de Béthune, dans leur présentation, constituent un écorché partiel, faisant abstraction d'une partie des formations superficielles limoneuses, et montrant de nombreux affleurements. Sur le secteur d'Aire-sur-la-Lys sont indiqués (carte de Saint-Omer) des formations résiduelles à silex, des dépôts argileux yprésiens, des sables landéniens, des limons pléistocènes, et des alluvions modernes.

Sur le secteur de Méteren est signalée (WATERLOT, 1957) une couverture limoneuse recouvrant en grande partie les formations de l'Yprésien supérieur (argile de Roubaix), et vers le Nord, au niveau du Mont des Cats, le Lutétien inférieur et le Pliocène, avec des formations sableuses et des formations résiduelles à silex.

Le secteur d'Hinges comprend des formations résiduelles à silex, des argiles de l'Yprésien inférieur (argiles d'Orchies), des sables landéniens, des limons pléistocènes, des alluvions modernes. Certaines de ces formations sableuses et argileuses, très proches de la surface des terrains, sont indiquées comme affleurant dans la plaine: Hinges, Merville, Violaines.

Ces formations sont recouvertes par des limons pléistocènes. Les auteurs distinguent deux types de formations limoneuses, les limons LP_1 ou limons des plateaux, et des limons LP_2 ou limons de la Plaine de la Lys.

A l'inverse des auteurs précédents, la carte à 1/50 000 d'Hazebrouck (LEPLAT *et al*, 1984), plus récente, propose une nouvelle interprétation. Sur cette carte, les affleurements des formations antéquaternaires ont quasiment disparu, leur présence, proche de la surface, est signalées par des courbes enveloppes. La distinction LP_1 et LP_2 disparait

pour laisser la place à une même unité de limon pléistocène recouvrant quasiment l'ensemble des autres formations, à l'exception des formations alluviales récentes holocènes.

Cette interprétation coïncide, par exemple, avec les levés de terrains réalisés par MASSON (1975) sur le secteur de Méteren, ainsi que sur l'ensemble des prospections sectorielles effectuées pour les aménagements de 1975 à 1992.

Les analyses montrent dans tous les cas un apport important des formations limoneuses loessiques dans les formations limoneuses recouvrant la plaine. Parmi les sols les plus argileux de la plaine ceux d'Hinges présentent des textures à prédominance limoneuse, se distinguant ainsi des faciès argileux yprésiens.

Les sols ont souvent subi une décarbonatation et un début de brunification avec apparition d'un horizon d'accumulation calcaire. Cependant les conditions de mise en place des dépôts et leur évolution déterminent des situations dont il est nécessaire de rendre compte de la diversité dès lors que l'on passe à l'utilisation des sols. Il s'agit essentiellement de variations de texture qui influent sur la perméabilité des sols, l'hydromorphie, la réserve en eau, la stabilité du sol et les conditions de travail du sol.

Ces variations ont pour origine la géométrie des dépôts d'origine éolienne, et les héritages des versants environnant la plaine, le subaffleurement des reliefs anciens, la topographie et le niveau des nappes, l'hydrographie, la tectonique, etc.

En ce qui concerne le niveau des nappes, celui-ci s'est modifié, semble-t-il, sur des périodes récentes.

Les dépôts de la Plaine de la Lys sont formés le plus souvent d'alluvions limono-argileuses à argilo-limoneuses et de loess. Les sols qui s'y sont développés ont subi la plupart du temps une décarbonatation, une brunification et un début de lessivage. La décarbonatation est marquée notamment par

l'acidification relative des horizons de surface et l'accumulation de calcaire sous forme d'un horizon Bca (de 0,8 m à 1,20 m de profondeur) avec concrétion et amas poudreux de calcaire.

Cet horizon bien marqué correspond à une exondation, déjà relativement ancienne des sols de la Plaine, qui a permis ainsi le lessivage. Cela nécessite un niveau d'équilibre permanent de la nappe, inférieur à celui de l'horizon d'accumulation Bca.

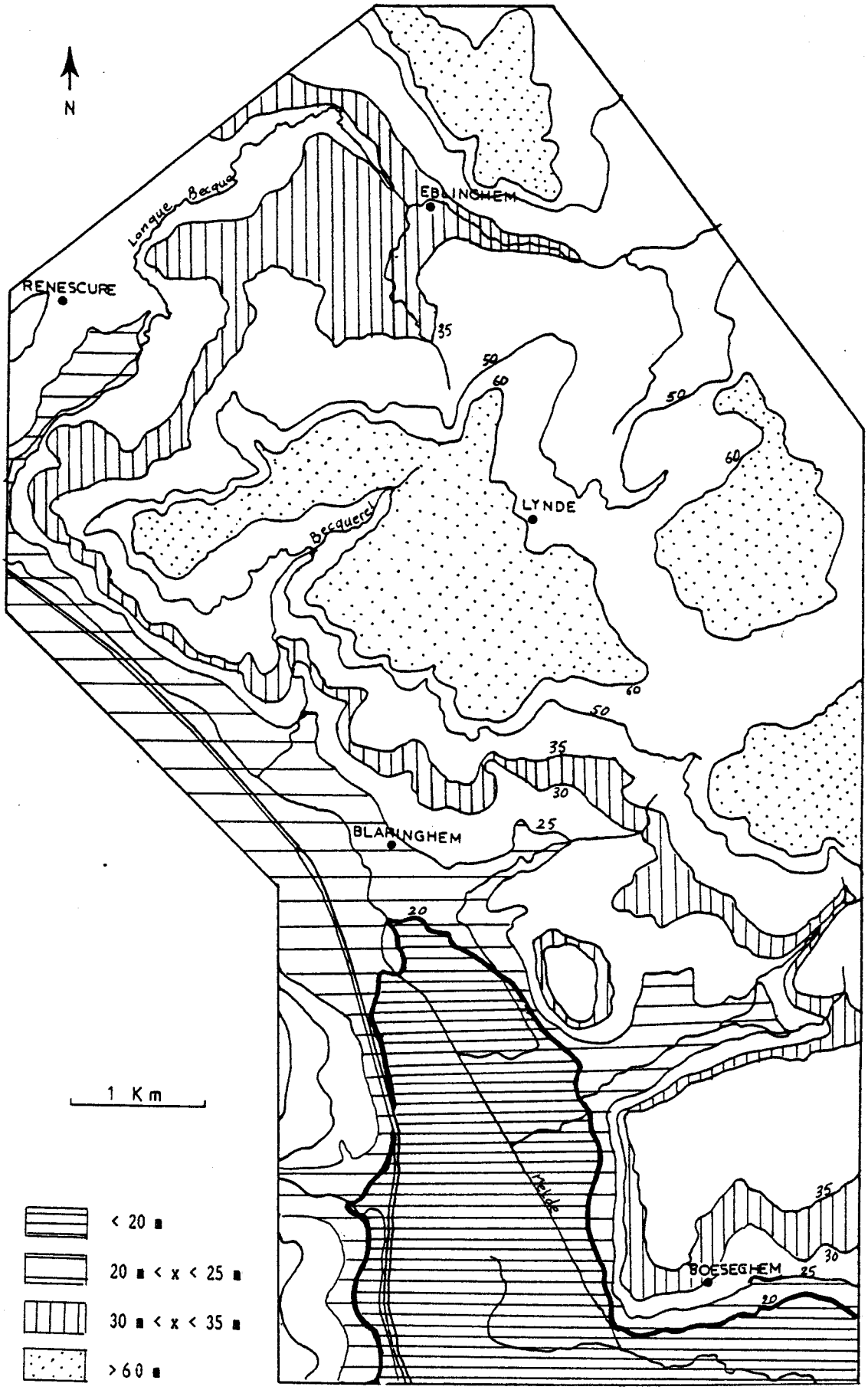
Si l'on prolonge l'observation du sol en profondeur, on constate l'apparition d'un horizon réduit gris bleu , en raison de la présence permanente de la nappe.

Cependant il n'est pas rare de constater, dans certains secteurs, que le niveau de la nappe et de l'horizon réduit est supérieur au niveau des concrétions. On peut donc conclure à une remontée du plan d'eau, dont la cause la plus évidente est l'action de l'homme au travers des aménagements divers: écluses , vannes , canaux de navigation.

II - LES SOLS DU SECTEUR D'AIRE SUR LA LYS - BLARINGHEM AU DEBOUCHE DE LA MELDE.

La Melde est un petit affluent de la Lys qui débouche au Nord-ouest de la plaine. Les sols de ce secteur ont été cartographiés lors de plusieurs études préalables au drainage et lors de reconnaissances de sols effectuées par KETELS (1984). Ce secteur fait la transition entre la Flandre intérieure et la Plaine de la Lys (fig. 54).

La Melde s'écoule dans l'axe de la dépression de Neuffossé qui se prolonge vers le Nord-Ouest en direction du Marais de Saint-Omer. Son altitude s'abaisse vers 18 m à sa jonction avec la Plaine de la Lys. Elle est bordée de petites collines culminant vers 70 m.



isohypse 20 m enveloppant les terrains de la Plaine de la Lys

Fig 54 : Modelé du secteur de Blaringhem - Aire-sur-la-Lys. Bordure de la Plaine de la Lys, Nord de la France.

Les sondages réalisés à la tarière à main, ont permis de repérer plusieurs dépôts successifs. Nous observons sur les versants: des formations résiduelles à silex, des argiles, des loess; dans la Plaine de la Lys, il s'agit de limons argileux, de loess et d'alluvions récentes limono- argileuses.

Ces dépôts se superposent dans certains cas et soulignent une succession chronologique. Sur ces dépôts se sont parfois développés des sols correspondant à des surfaces anciennes qui sont restées à l'affleurement pendant une période suffisante pour permettre leur développement. Certains ont été fossilisés par des dépôts plus récents et leur évolution a été interrompue.

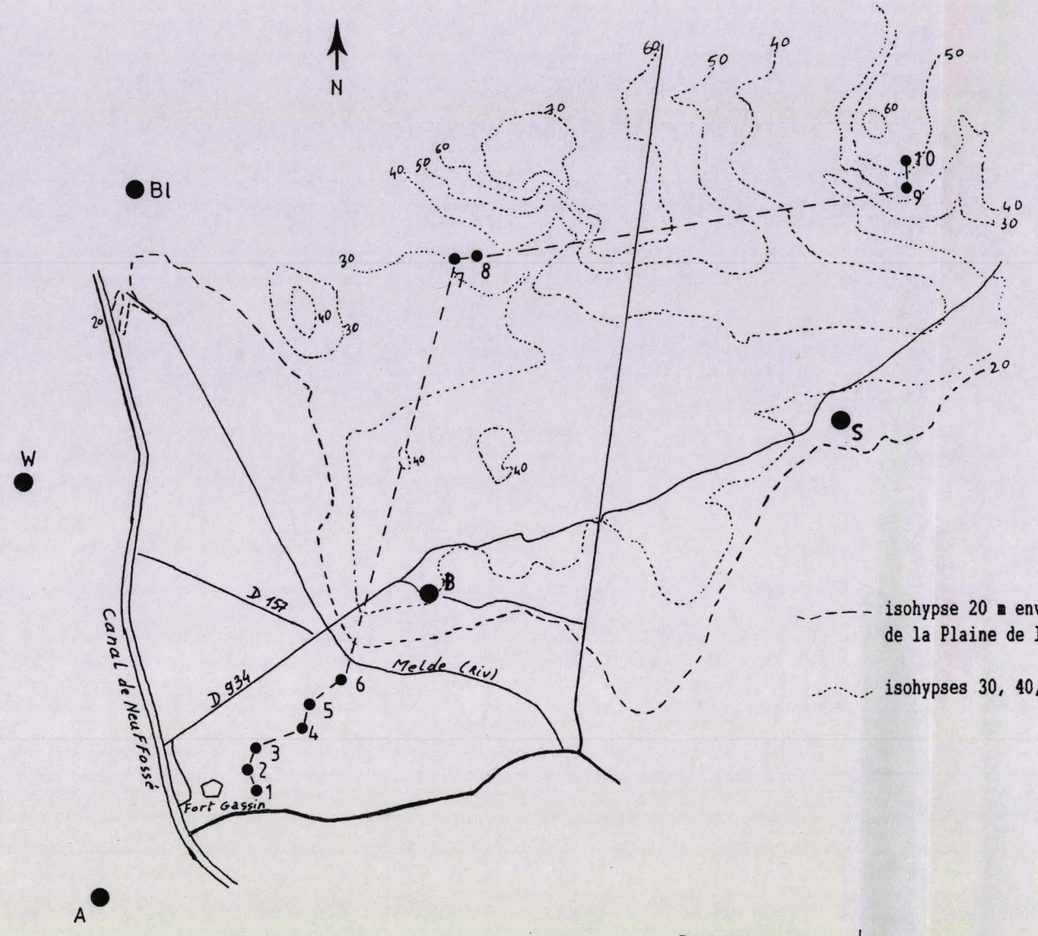
La coupe de la figure 55 illustre assez bien la succession des dépôts et des sols qui ont été repérés.

1/ Les dépôts.

La figure 55 présente des séquences correspondant à trois secteurs morphologiques distincts:
- les collines et versants culminant vers 70 m et descendant jusqu'au niveau de la plaine vers 20 m;
- la Plaine de la Lys, surface subhorizontale dont l'altitude voisine 20 m;
- la zone alluviale proprement dite, entourant la rivière Lys et formant une très légère dépression, d'environ 1 m de profondeur, au milieu de la Plaine, pour une largeur de quelques centaines de mètres.

Sur les sommets des collines et versants, les limons reposent sur des formations résiduelles à silex. L'ensemble se superpose à des sables ou des argiles (sondages 9 et 10). Vers le haut des versants affleurent parfois des argiles souvent recouvertes de limons (sondages 7 et 8). En descendant vers la plaine les limons sont plus épais et le substrat argileux n'est plus atteint par les sondages.

BU LILLE



A . Aire-sur-la-Lys
W . Wittes
Bl . Blaringhem
B . Boeseghem
S . Steenbecque

isohypse 20 m enveloppant les terrains de la Plaine de la Lys située au Sud

isohypses 30, 40, 50, 60, 70 m

LEGENDE

- matière organique (Horizon Ap)
- limon argileux et argile limoneuse
- matière organique et tourbe argileuse
- limon faiblement argileux
- sable et sable limoneux
- coloration bistre et traces de matière organique
- X X concrétions calcaires
- limon sableux
- cailloutis
- argile

I II III niveaux correspondant à trois cycles de dépôts et de pédogénèse dans la Plaine de la Lys

BU LILLE

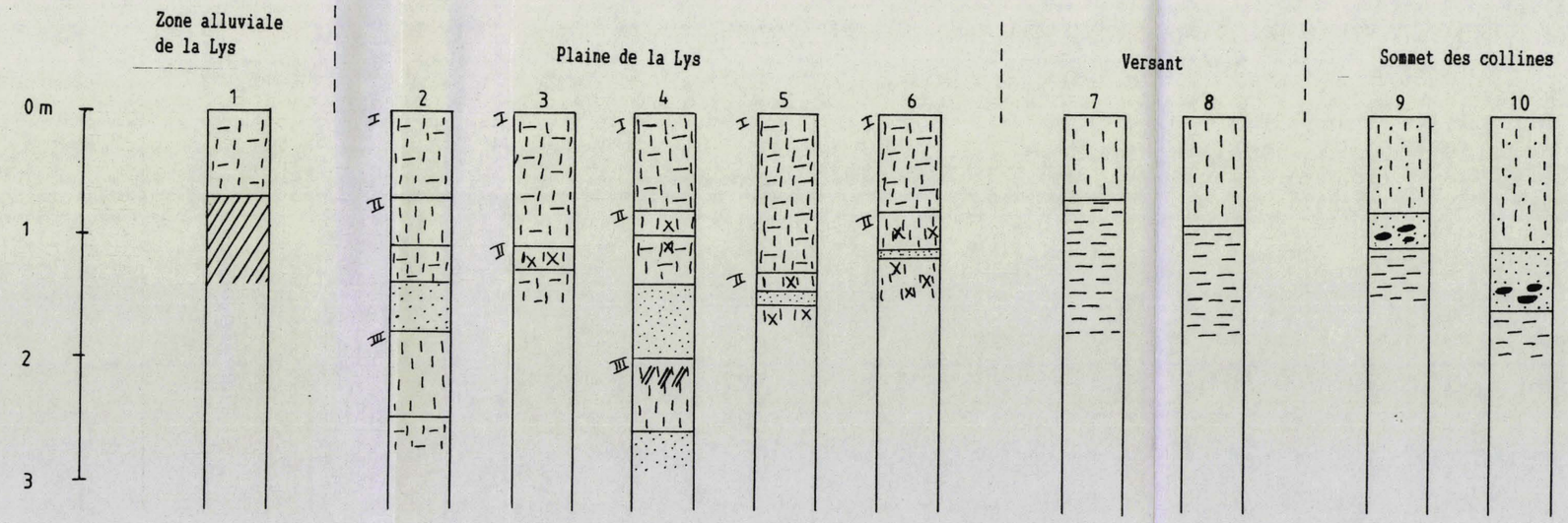


Fig. 55 : Séquence des dépôts et des sols dans le secteur de Aire-sur-la-Lys - Blaringhem, bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France.

BU LILLE

Dans la Plaine de la Lys, des dépôts limoneux, comparables aux loess de versant, alternent avec des niveaux plus sableux et limono-argileux.

Malgré l'incertitude liée à l'espacement des sondages à la tarière, la superposition suivante parait la plus fréquente: au sommet, un matériau limono-argileux (niveau I) reposant sur des limons sableux, puis des limons (niveau II) s'apparentant aux loess de versant. Apparaissent ensuite, à nouveau, un niveau limono-argileux reposant, à son tour, sur des sables limoneux. A la base se situent des limons (niveau III).

Dans la zone alluviale, à proximité du cours de la Vieille Lys, des dépôts humifères ou tourbeux sont recouverts par des limons argileux ou une argile limoneuse, plus grise que les autres dépôts de la plaine. Il s'agit de dépôts d'alluvions récentes.

2/ Les sols.

Les observations réalisés par sondages sur les différents dépôts décrits précédemment (fig. 55, p.199) ne nous permettent pas une approche très fine des sols. Cependant nous avons pu observer les cas suivants:

Sur les collines et les versants, sont développés, dans les limons épais, des sols bruns faiblement lessivés, à pseudo-gley de moyenne profondeur, leur horizon B est faiblement différencié. Un horizon d'accumulation calcique Bca est généralement présent au dessous. L'hydromorphie est d'autant plus marquée que le substrat argileux, imperméable, est plus proche de la surface. Les argiles affleurantes sont également hydromorphes, avec apparition d'un horizon décarbonaté et d'un horizon inférieur (Bca) enrichi en calcium

(sols bruns calciques à pseudo-gley d'ensemble). Dans ce secteur, seuls ont été repérés les sols correspondant à l'affleurement actuel.

Dans la Plaine de la Lys, les sondages ont permis d'observer, parmi les différents dépôts, trois cycles de pédogénèse. Le sol actuel (niveau I), qui se développe dans des limons argileux, comprend un horizon humifère Ap, avec un horizon décarbonaté et brunifié, puis un horizon d'accumulation Bca (sol brun calcique à pseudo-gley).

Vers 2 m de profondeur, au sommet des limons inférieurs (niveau III), on observe un horizon bistre correspondant à un ancien horizon humifère épais d'environ 25 cm. Ce niveau est fortement tassé. Au dessus, un niveau intermédiaire limoneux (niveau II) semble avoir subi une évolution pédogénétique pendant une période relativement courte, il est marqué par une consolidation et une variation de la coloration du sol. On remarquera que l'horizon Bca du sol actuel inclut ce sol intermédiaire.

Dans la zone alluviale, le sol formé dans les alluvions récentes est peu évolué, avec un horizon humifère Ap. Il n'existe pas d'horizon (Bca) d'accumulation calcique (sol peu évolué d'apport alluvial carbonaté à pseudo-gley ou à gley). Sous les alluvions limono-argileuses, apparait un horizon humifère ou tourbeux témoin d'un ancien sol recouvert par les alluvions récentes.

3/ La chronologie des dépôts et des sols.

Sur la coupe de la figure 55 (p. 199), on distingue plusieurs couches de loess, limon léger comparable à ceux des versants, alternant verticalement avec des niveaux sableux ou limono- argileux. D'après nos sondages à la tarière, les sols

superposés sont caractérisés par le tassement, la présence de matière organique, les variations de coloration. Il n'y a pas systématiquement présence d'un sol à chaque dépôt. Parmi ces sols anciens seul le sol inférieur présente un développement important correspondant peut-être à une genèse suffisamment longue. Il s'agit peut-être d'un sol de l'interglaciaire précédent ou d'un interstade plus récent (pédo-complexe de Warneton).

Par ailleurs, il semble que se soit déposées des alluvions limono argileuses, alternant avec des loess typiques. En ce qui concerne notamment les derniers dépôts superficiels, ceux-ci sont nettement plus argileux dans les derniers décimètres. Ceci ne remet pas en cause la bilan sédimentaire global des dépôts loessiques issus de la période froide, mais met en évidence l'influence des périodes du Tardiglaciaire, puis de l'Holocène, avec reprise partielle de limons et contamination de ceux-ci par des argiles transportées par les rivières. L'ensemble sédimente ensuite dans la plaine basse. Les épisodes limono-argileux alternant avec les loess typiques (niveaux I, II, III) peuvent correspondre à différentes périodes où les apports alluviaux ont pu avoir lieu.

Ces apports limono-argileux ne sont pas forcément très importants, mais influencent la nature du matériaux; ils conditionnent pour une bonne part les caractères des sols actuels (PAEPE, 1964, 1968 b).

Les sols ont été souvent perturbés par les aménagements anciens: créations d'ados modifiant la partie supérieure du profil, et qui rendent plus difficile la compréhension des paysages.

On constate donc qu'à la chronologie des dépôts se surimpose une chronologie des sols. Ces derniers sont d'âge et d'origine différents, développés sur des dépôts distincts qui se sont mis en place successivement.

4/ Influence des formations de versant sur les variations de la texture dans l'axe des vallons.

KETELS en 1984 réalise une série d'analyses granulométriques. Les échantillons analysés sont prélevés dans l'axe des vallons (fig. 56) pour montrer l'héritage des différentes formations voisines dans la nature des alluvions. Sur le triangle des textures (fig. 57), deux exemples illustrent l'influence des apports sableux, limoneux et argileux provenant des formations présentes sur le bassin-versant.

Le premier est le Vallon de la Longue Becque (fig. 56). Dans la zone amont, les échantillons ont été prélevés à la base des dépôts les plus récents (points 17 et 13) au dessus des matériaux argileux subaffleurants. Dans la zone aval les échantillons ont été prélevés dans les alluvions argilo-limoneuses (points 7 - 15 - 22). Les profils de sol sont représentés sur la figure 58 ainsi que les niveaux de prélèvement. Cette même méthode de prélèvement et de représentation a été utilisée pour les échantillons provenant des secteurs de Méteren et de Hinges.

Les matériaux les plus représentés sont constitués par de l'argile et du limon. Vers le sommet des versants (points 17 et 13), les argiles prédominent avec au point 13 une contamination par les limons. Ensuite sur les versants en pente forte, la fraction limoneuse est plus abondante (points 15 et 7). La fraction argileuse redevient ensuite plus importante dans la zone basse et alluvionnaire de la Melde ou la sédimentation est plus lente (point 22).

Le deuxième exemple est le Vallon du Becquerel (fig. 56). Les textures des échantillons prélevés sur les sondages sont indiquées sur la figure 57. Sur le haut du versant le matériau dominant est plus sableux, mais est recouvert par les limons (point 21). Sur le haut du vallon (point 20), on observe

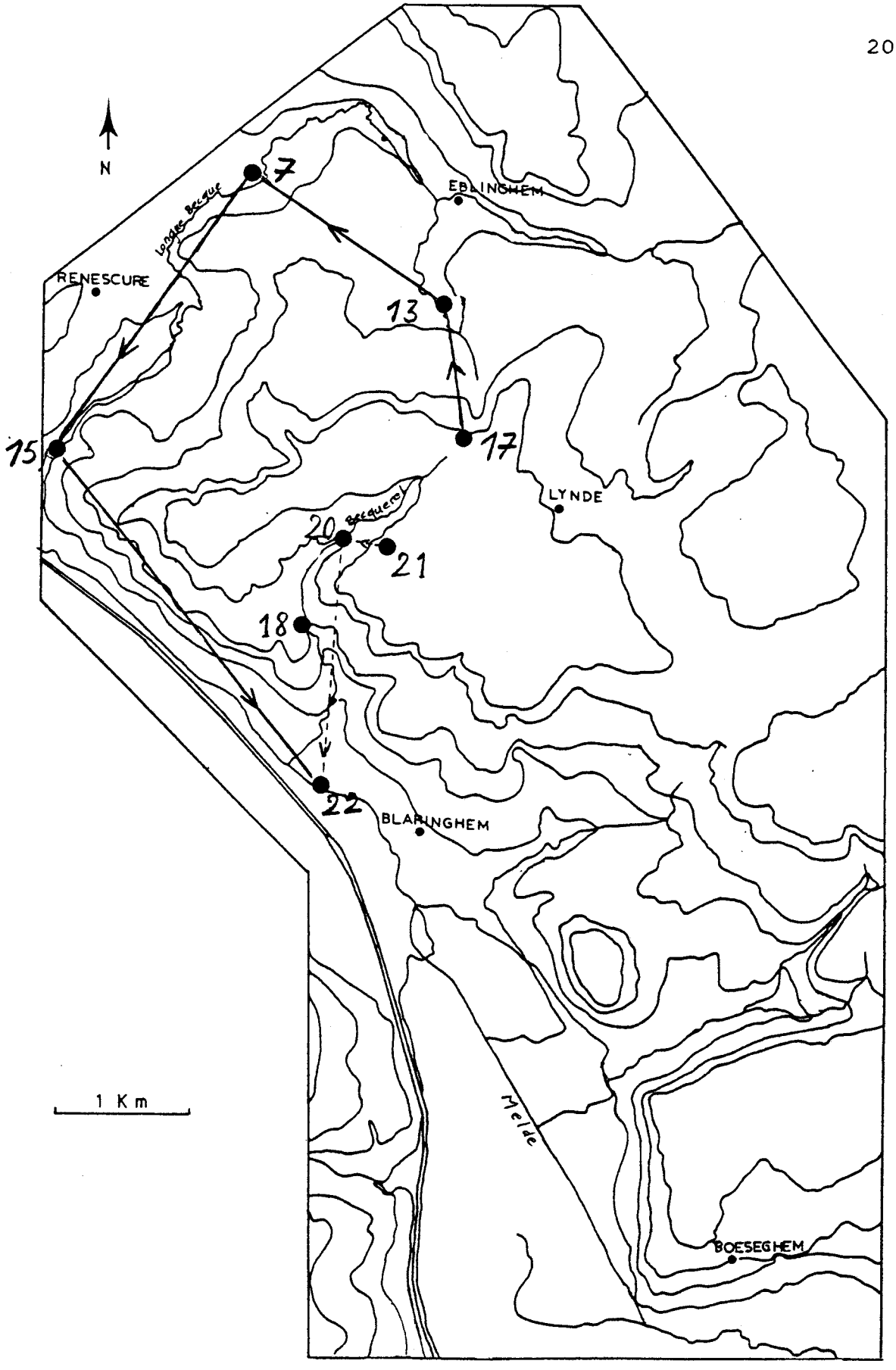
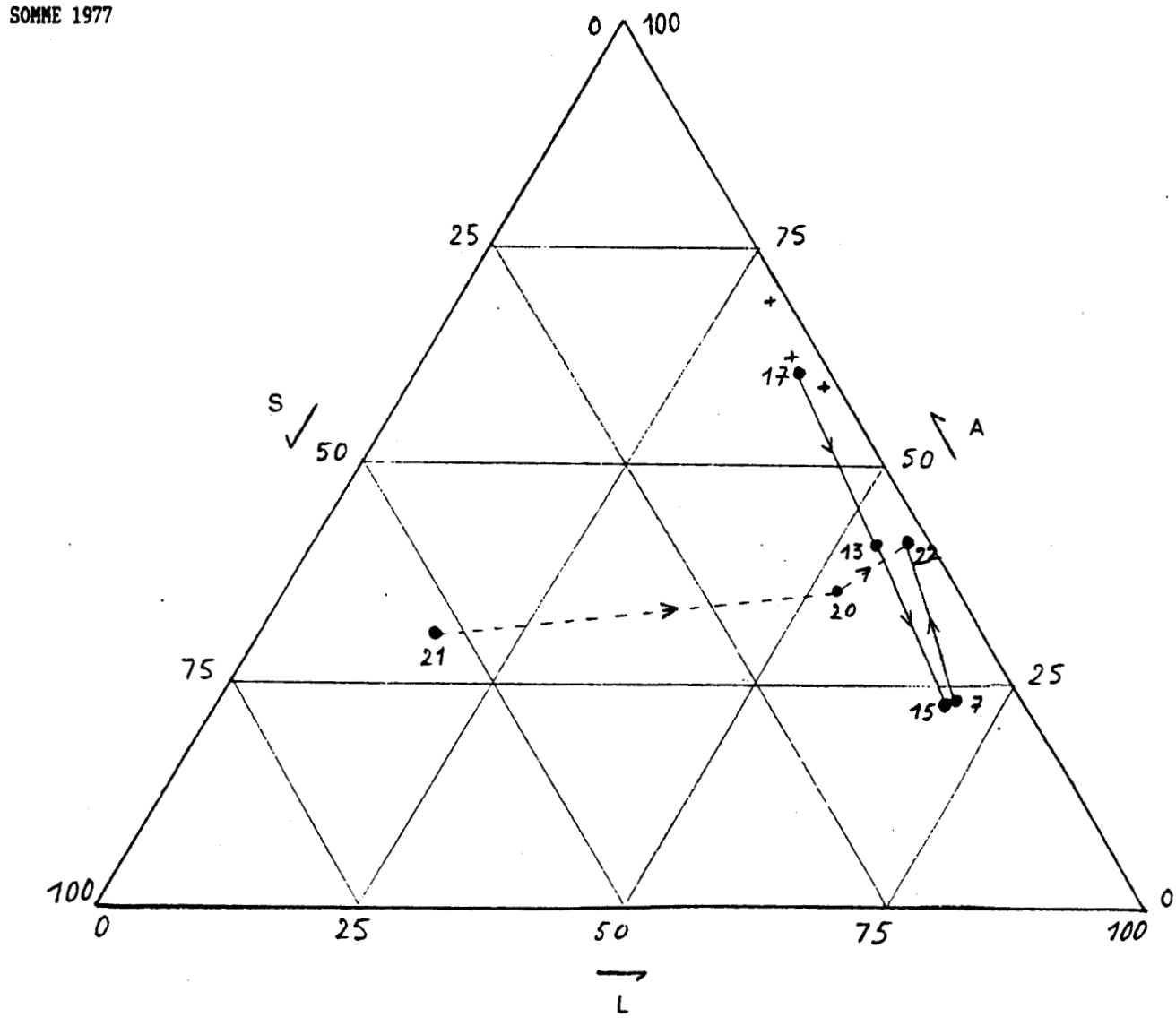


Fig. 56 : Situation des prélèvements (granulométrie et minéralogie), secteur de Blaringhem -Aire-sur-la-Lys. Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France.

+ texture de l'argile d'Orchies

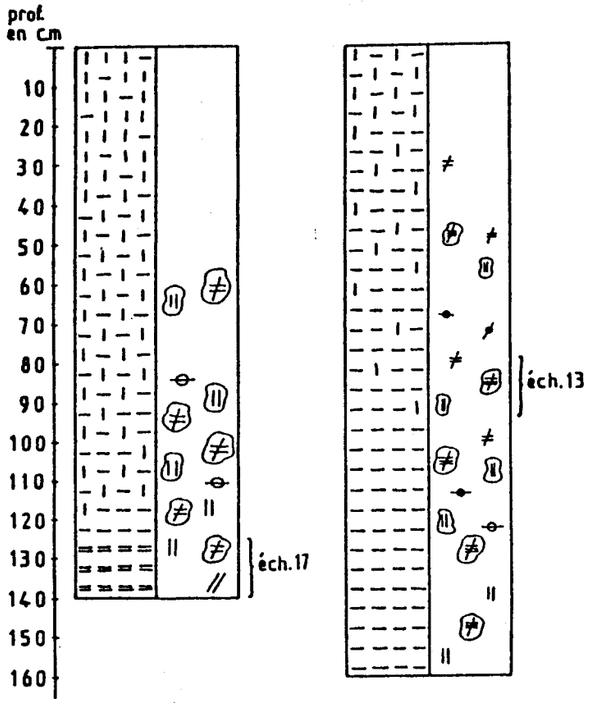


d'après KETELS 1984
F.X. MASSON 1990

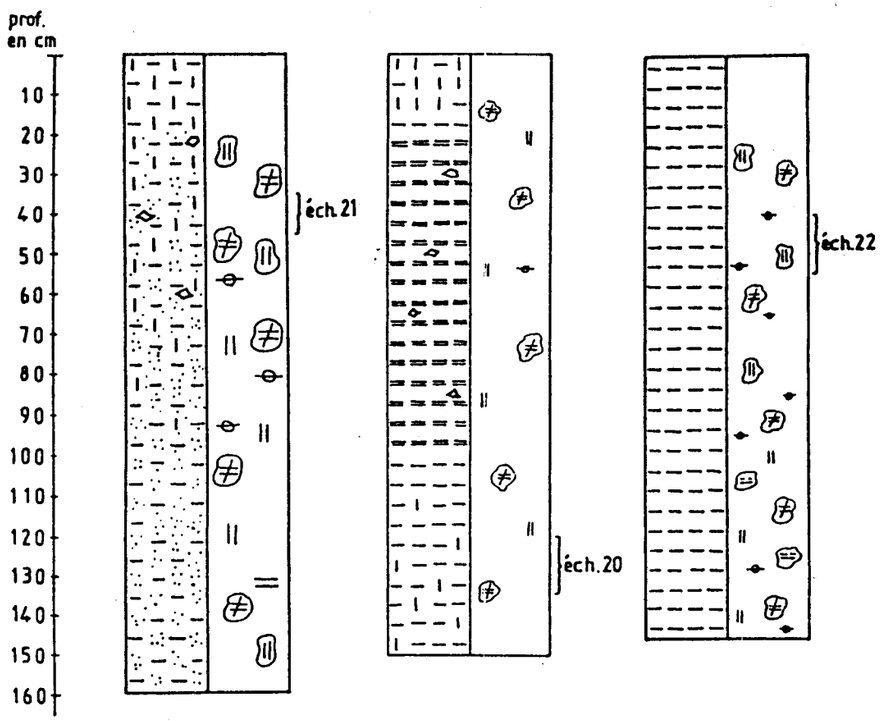
———— Longue becque

------- Becquerel

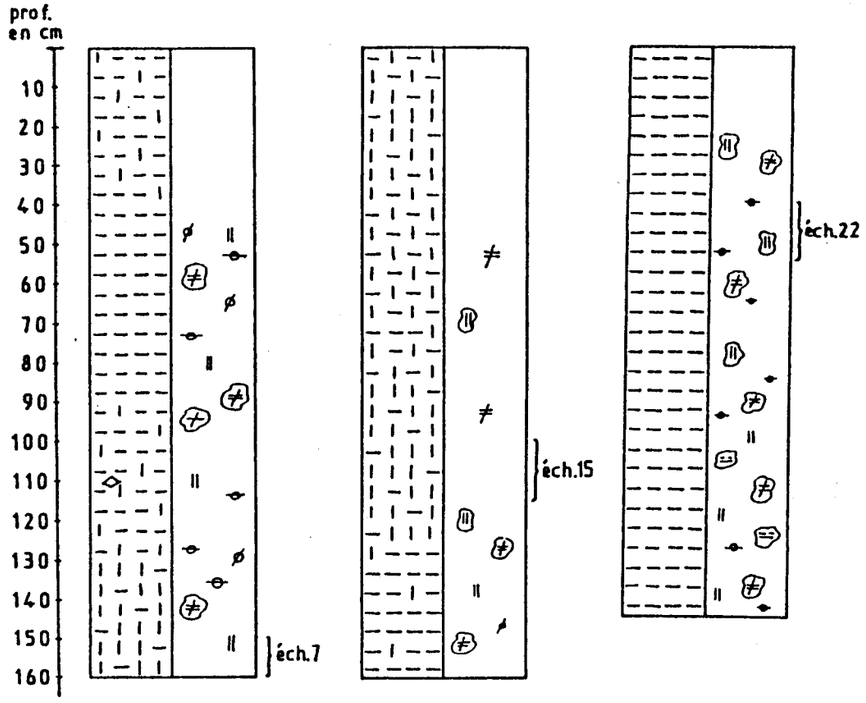
Fig. 57 : Diagramme de texture, variation de la texture sur les vallons de la Longue Becque et du Becquerel. Secteur de Blaringhem, Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France.



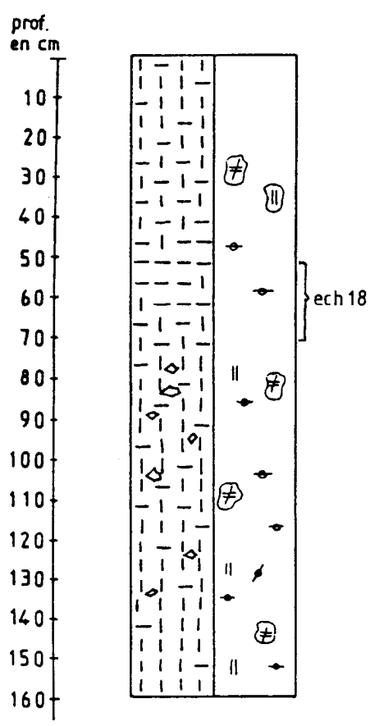
N° 17-13



N° 21-20-22



N°7-15-22



N°18

LEGENDE

- limon faiblement argileux
- limon argileux
- argile limoneuse
- argile
- argile lourde
- argile sableuse
- argile limono sableuse
- silex
- grès
- gris beige
- jaune
- orange à rouge
- bleu pâle (gley)
- bleu (gley)
- taches par points de Fe-Mn (noir)
- taches par points ferriques (orangé)

Fig. 58 : Niveaux de prélèvement des échantillons du secteur de Blaringhem - Aire-sur-la-Lys. Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France.

un apport d'argile et surtout de limon. Le matériau devient à nouveau plus argileux dans la zone basse à la confluence du Becquerel et de la Melde (point 22).

5/ Minéralogie des argiles.

Des analyses minéralogiques ont été réalisées sur des échantillons prélevés par KETELS (1984). Ces déterminations ont été réalisées au Laboratoire de sédimentologie du Professeur CHAMLEY (U.S.T.L.F.A.). Les analyses montrent une variation de la teneur des différents types d'argiles présents dans les échantillons, mais plus importante pour la smectite (fig. 59). Ceci se vérifie pour le Vallon de la Longue Becque et celui du Becquerel.

Dans le vallon de la Longue Becque, l'échantillon n° 17, à l'amont, présente une texture comparable à l'argile yprésienne comme il est indiqué sur le triangle de la figure 57. Cet échantillon s'apparente également à ce type de faciès par sa teneur en smectite, (Cf annexe II). Les échantillons 13, 7 et 15 ont été prélevés sur le versant. On y observe une diminution progressive de la smectite (fig. 59), d'amont vers l'aval.

Dans le vallon du Becquerel, une diminution semblable de la smectite est observée entre les échantillons 20 et 18.

A l'inverse le point 24 situé en zone basse, à l'aval des vallons, dans des alluvions argileuses, présente une augmentation du taux de smectite.

Tout se passe comme si au cours du transfert, les sédiments hérités partiellement des formations yprésiennes s'appauvrissent en smectite et que seule diminuait cette fraction des argiles. Par contre, au niveau des zones basses la richesse en smectite augmente à nouveau comme si la plus faible énergie de l'écoulement des eaux, due à la pente, permettait à nouveau le piégeage des argiles et de la smectite.

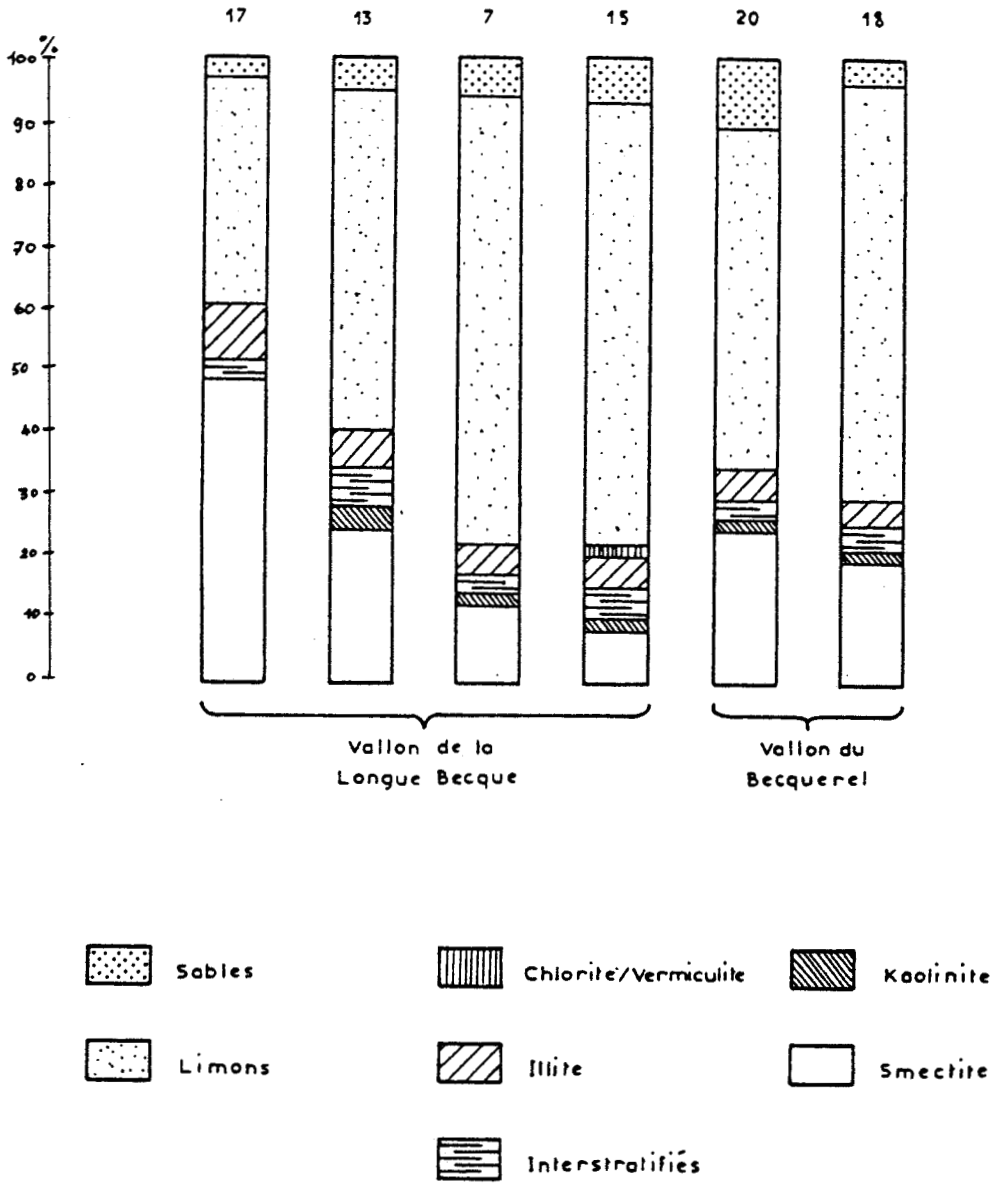


Fig. 59 : Composition minéralogique de la fraction argileuse des échantillons prélevés dans les vallons de la Longue Becque et du Becquerel. Secteur de Blaringhem Aire-sur-la-Lys. Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France. (d'après KETELS 1984)

Ce même phénomène est observé en sédimentologie marine avec une sédimentation différentielle des argiles en fonction de la vitesse des courants (CHAMLEY *et al*, 1992, DEBRABANT *et al*, 1992). Cette hypothèse a déjà été présentée au chapitre III.

III - SECTEUR DE METEREN au débouché de la Becque Méteren

(Cf ch. IV, p 176)

La Becque Méteren s'écoule selon un axe Nord-Sud, elle prend sa source sur le Mont des Cats au Nord , et se dirige vers le Sud en direction de la Plaine de Lys. La carte de modelé (fig. 60) montre la vallée de la Becque Méteren entre deux versants dissymétriques; celui à exposition Est présente une pente faible, l'autre à exposition Ouest une pente plus raide. De part et d'autre, de petites collines s'élèvent jusqu'à 63 m. Les versants ont une pente moyenne, de 2 à 5 % pour atteindre assez rarement 10 %.

1/ Les dépôts.

Le levé des formations superficielles (Cf ch. IV, p. 176) concerne des formations argileuses et sableuses parfois surmontées, sur les sommets des petites collines, par des formations résiduelles à silex; l'ensemble est recouvert par des formations de loess ne laissant subsister que des rares affleurements.

Dans les vallons et les vallées, sont observées des alluvions limoneuses, argilo-limoneuses, sableuses ou des tourbes.

Les travaux à moyenne échelle de MASSON (1975) confirment ces observations sur le secteur de Méteren comme nous l'avons indiqué au chapitre IV (fig. 50, p. 178).

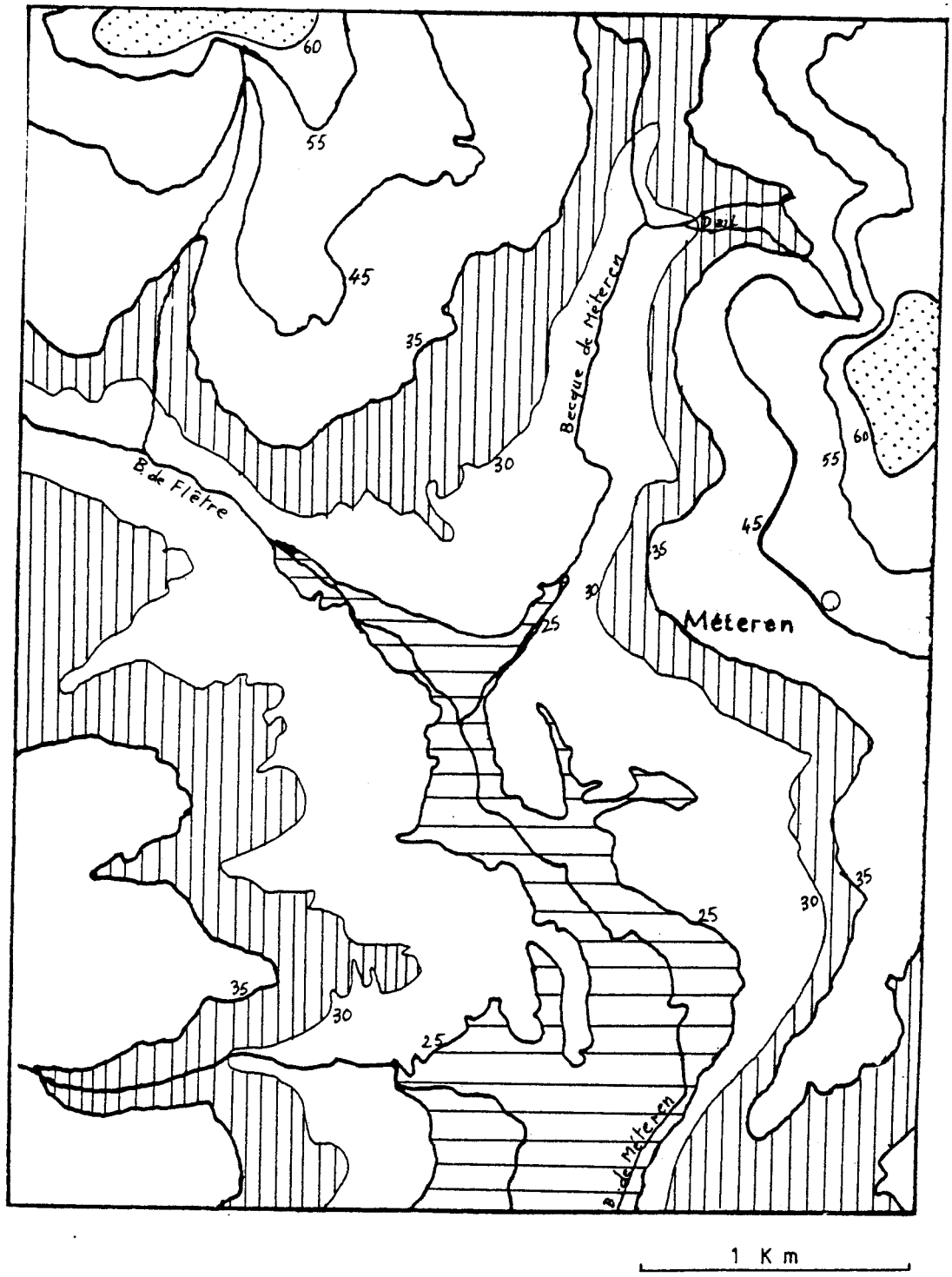


Fig. 60 : Modelé du secteur de Méteren. Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France.

2/ Les sols.

Sur les limons des versants des collines on observe des sols bruns faiblement lessivés souvent hydromorphes avec un horizon d'accumulation calcaire profond.

Les alluvions récentes présentent des sols brunifiés avec un niveau de gleyfication apparaissant parfois à faible profondeur, vers moins de 1 m.

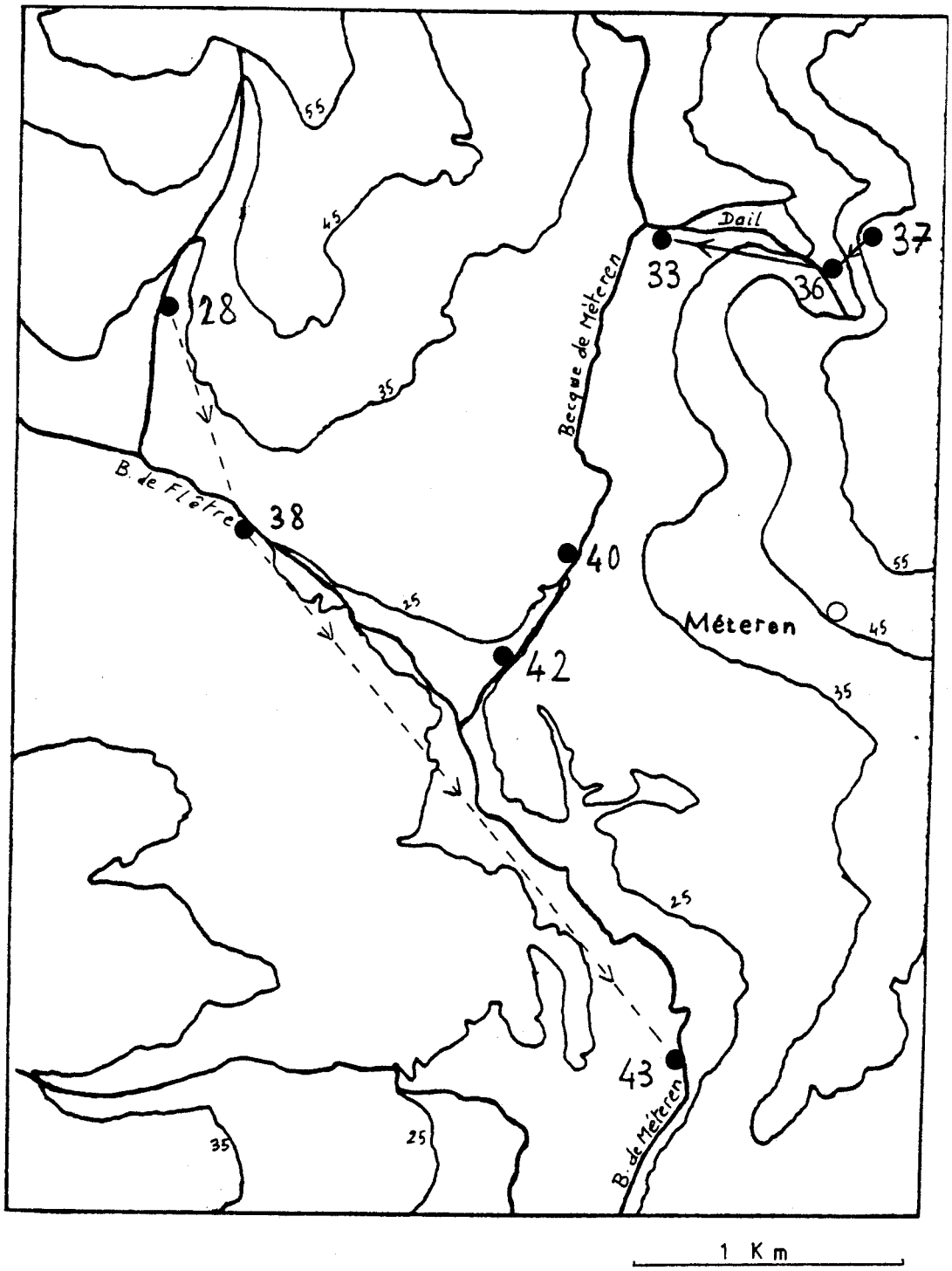
3/ Les variations des textures dans l'axe des vallons.

Plusieurs échantillons ont été prélevés par KETELS en 1984, et ont fait l'objet d'analyses granulométriques. Les résultats montrent la variation des textures en fonction des apports à partir des formations voisines et des situations locales, qui permettent l'accumulation d'éléments plus ou moins fins. Les points sont localisés sur la figure 61 et les variations de texture sont illustrées par la figure 62.

Dans le Vallon de Dail, le point de prélèvement 33 (fig. 61) se situe à l'aval des points 37 et 36 au niveau d'une rupture de la pente favorisant ainsi une sédimentation fine. Les échantillons 37 et 36 ont été prélevés à la base des formations superficielles (fig. 63) au dessus des formations argilo-sableuses ou sablo-argileuses; l'échantillon 33 par contre a été prélevé dans des dépôts d'alluvions.

La figure 62 indique une diminution de la fraction sableuse du point 37 au point 33. Ce dernier montre une granulométrie comparable à celle de l'argile d'Orchies.

Il en est de même pour la succession des prélèvements réalisés sur l'axe du ruisseau de la Becque Méteren. Entre les points 28 - 38 - 43 nous observons une augmentation de la fraction argileuse (fig. 62) corrélativement à la diminution de la pente.

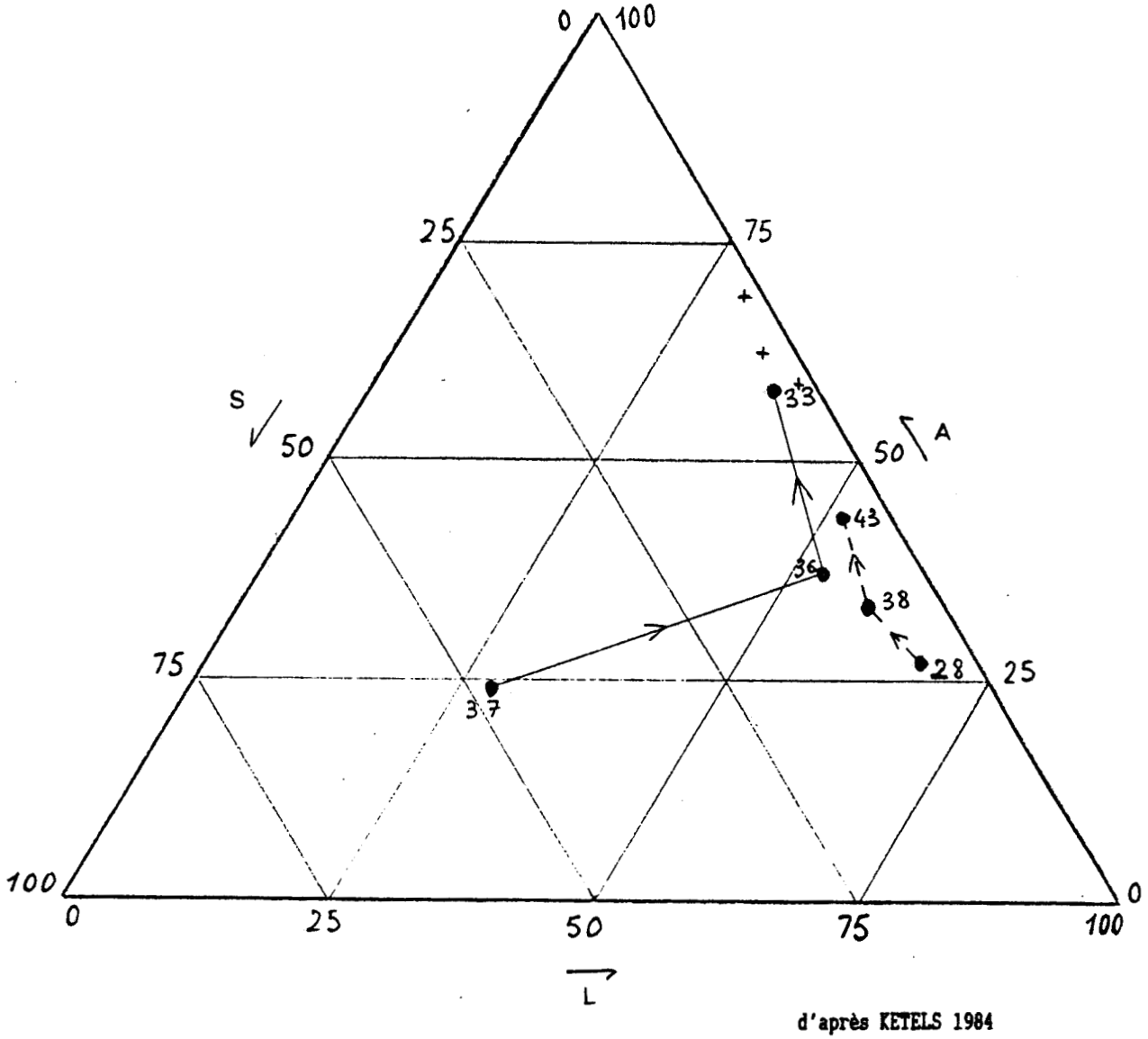


● emplacement des sondages et des prélèvements

Fig. 61 : Situation des prélèvements (granulométrie et minéralogie), secteur de Méteren. Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France.

+ texture de l'argile d'Orchies

J.SOMME 1977

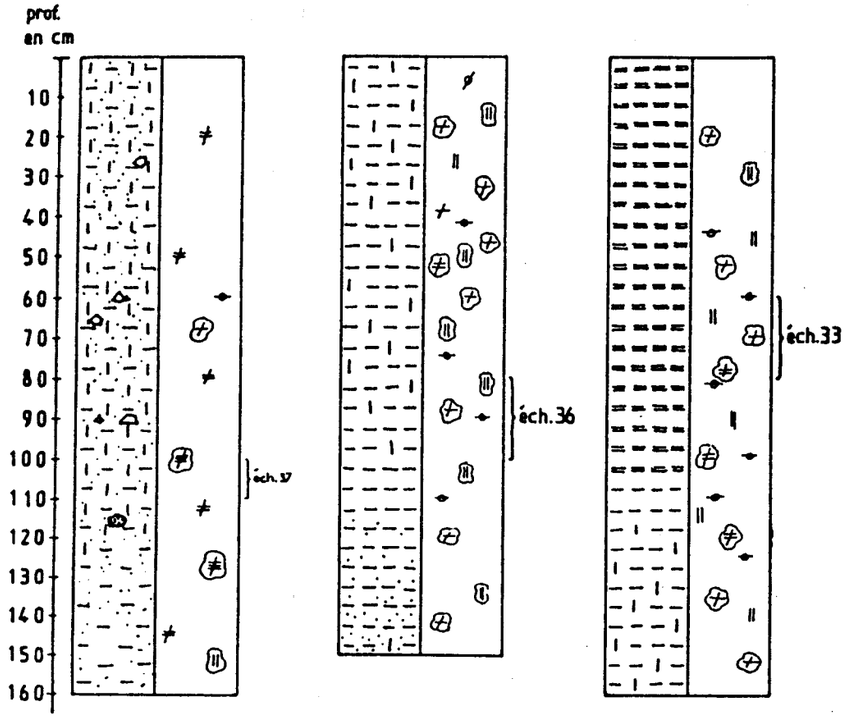


d'après KETELS 1984

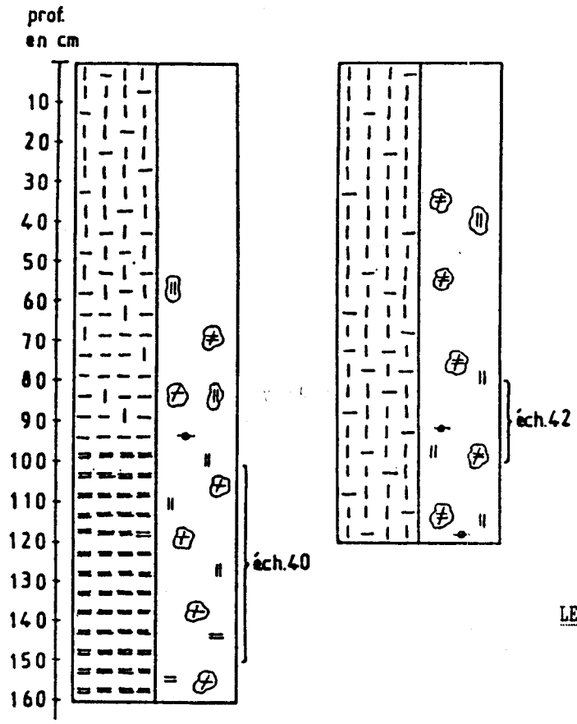
——— vallon du Dail

— – – – – becque de Flêtre

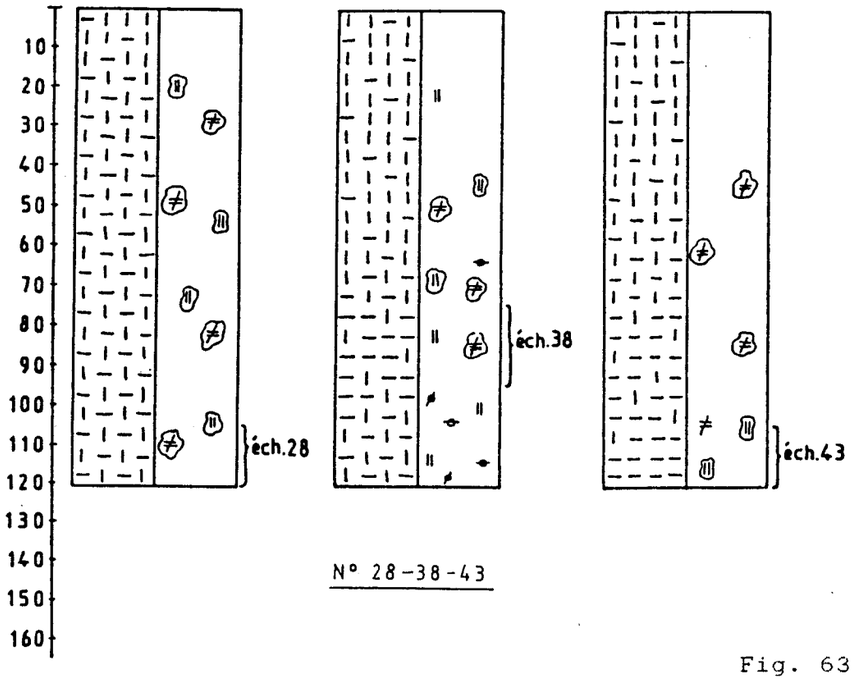
Fig. 62 : Diagramme de texture, variation de la texture sur les vallons du Dail et de la becque de Flêtre à Méteren. Bordure de la Plaine de da Lys. Nord de la France.



N° 37-36-33



N° 40-42



N° 28-38-43

LEGENDE

- limon faiblement argileux
- limon argileux
- argile limoneuse
- argile
- argile lourde
- argile sableuse
- argile limono sableuse
- silex
- grès
- gris beige
- jaune
- orange à rouge
- bleu pâle (gley)
- bleu (gley)
- taches par points de Fe-Mn (noir)
- taches par points ferriques (orangé)

Fig. 63 : Niveaux de prélèvement des échantillons dans les sondages du secteur de Méteren. Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France.

4/ Minéralogie des argiles.

Des analyses minéralogiques ont été également réalisées sur les échantillons du secteur de Méteren. La figure 64 montre une diminution de la smectite entre les points 40 et 42 le long de la Becque de Méteren.

La séquence réalisée par KETELS en 1984 comprenait à l'amont du point 42, le point 33 dont la signification est différente. Il est situé sur le Dail, affluent très modeste de la Becque Méteren; une rupture de pente a favorisé la sédimentation superficielle argileuse en cet endroit. L'échantillon prélevé peut être comparé aux échantillons 37 et 36 appartenant au même bassin-versant et dont les teneurs en smectite sont élévées respectivement à 60 et 55 % pour 70 % au point 33.

IV - LE SECTEUR DE HINGES, au débouché de la Lawe.

Le secteur de Hinges se situe au Sud de la Plaine de la Lys. le paysage diffère des secteurs de Blaringhem et de Méteren. On distingue 2 éléments de paysage: la colline de Hinges avec un sommet aplati culminant vers 46 m et un versant en pente relativement accentuée (10%), descendant vers la plaine.

Au pied de la colline un glacis se raccorde insensiblement à la plaine sur quelques kilomètres (fig. 65). Il est à peine visible sur le terrain, se confondant avec la surface de la plaine. Les prospections par sondage ont confirmé l'existence de ce glacis. A l'Est de la colline de Hinges, le versant bordant la plaine est entaillé par la vallée de la rivière Lawe.

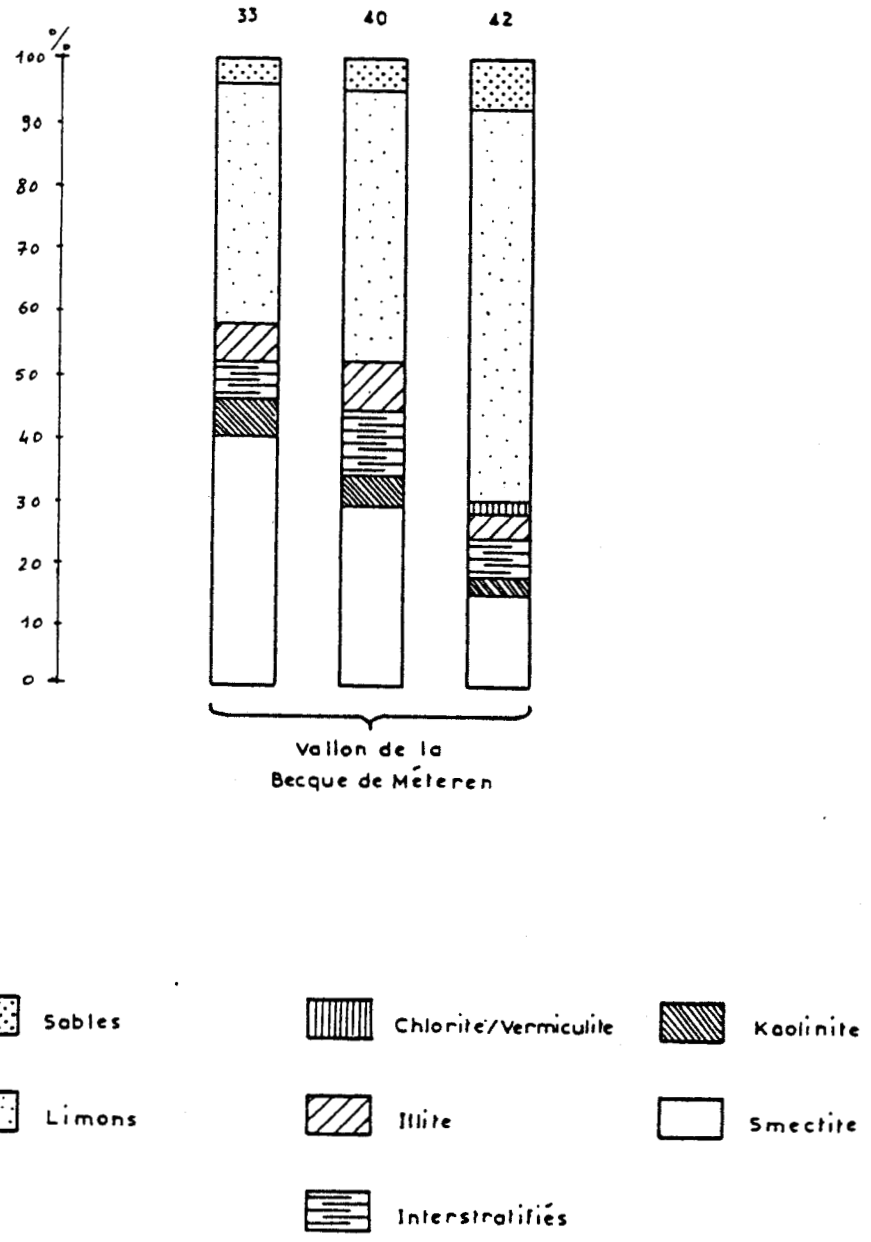
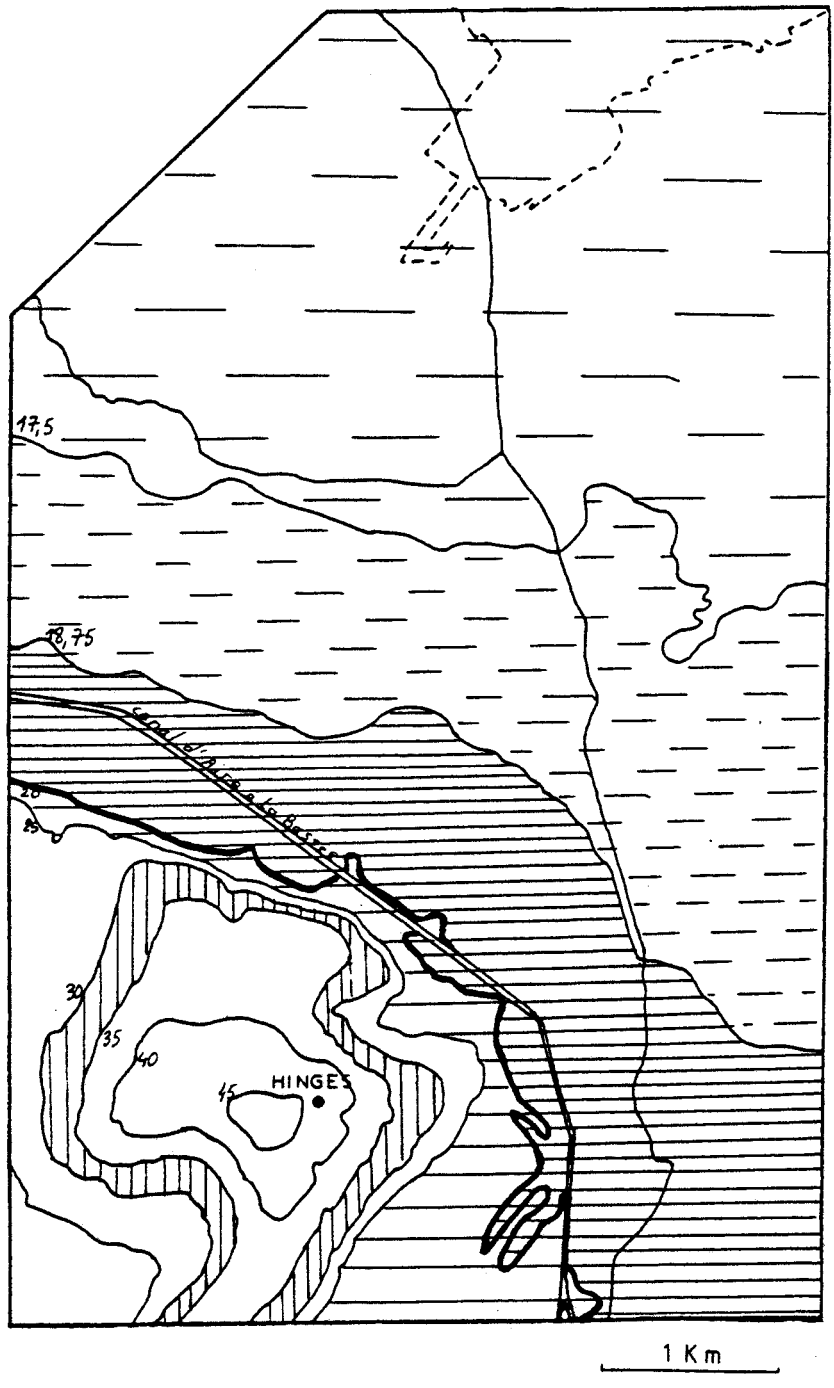


Fig. 64 : Composition minéralogique de la fraction argileuse des échantillons prélevés sur le vallon de la Becque de Méteren. Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France. (d'après KETELS 1984)



LEGENDE

isohypse 20 m enveloppant les terrains de la Plaine de la Lys située au Nord

< 17, 5 m

17, 5 m < x < 18,75 m

18,75 m < x < 20 m

20 m < x < 25 m

30 m < x < 35 m

fig. 65 : Modelé du secteur d'Hinges. Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France.

1/ Les dépôts

La colline de Hinges est couverte de loess; seule affleure autour d'Hinges une couronne de matériaux argileux.

Le glacis est formé de dépôts argileux. La teneur en argile est d'environ 45 % dans les 30 premiers cm, montrant un apport important de limon, quant au bilan sédimentaire.

2/ Les sols.

KETELS (1984) présente une coupe du secteur dans laquelle il assimile les matériaux du glacis à l'argile yprésienne. Cependant, signalons qu'il s'agit d'un matériau remanié (fig. 66), et même s'il appartient pour les pédologues à la classe des argiles, il apparaît pour les géologues comme un matériau enrichi en limon, ce que confirme la carte d'Hazebrouck à 1/50 000, qui indique des limons pléistocènes. Ces sols sont donc d'âge holocène, brun calcique hydromorphe avec apparition d'un Bca vers 0,8 m à 1 m.

CONCLUSION.

Les observations ont montré que la mise en place des dépôts et des sols relève d'un certain nombre d'événements qui se sont succédés dans le temps. Ils forment dans l'espace un ensemble de situations qui se juxtaposent en fonction des possibilités d'héritage et d'influence des formations voisines situées sur le bassin-versant entourant le secteur de Blaringhem.

L'étude des sols suppose donc de remettre en place le cortège des situations originelles et des héritages. Elle demande aussi une approche chronologique des événements à l'origine des sols et des situations enclenchant les processus qui déterminent ensuite les caractères pédogénétiques.

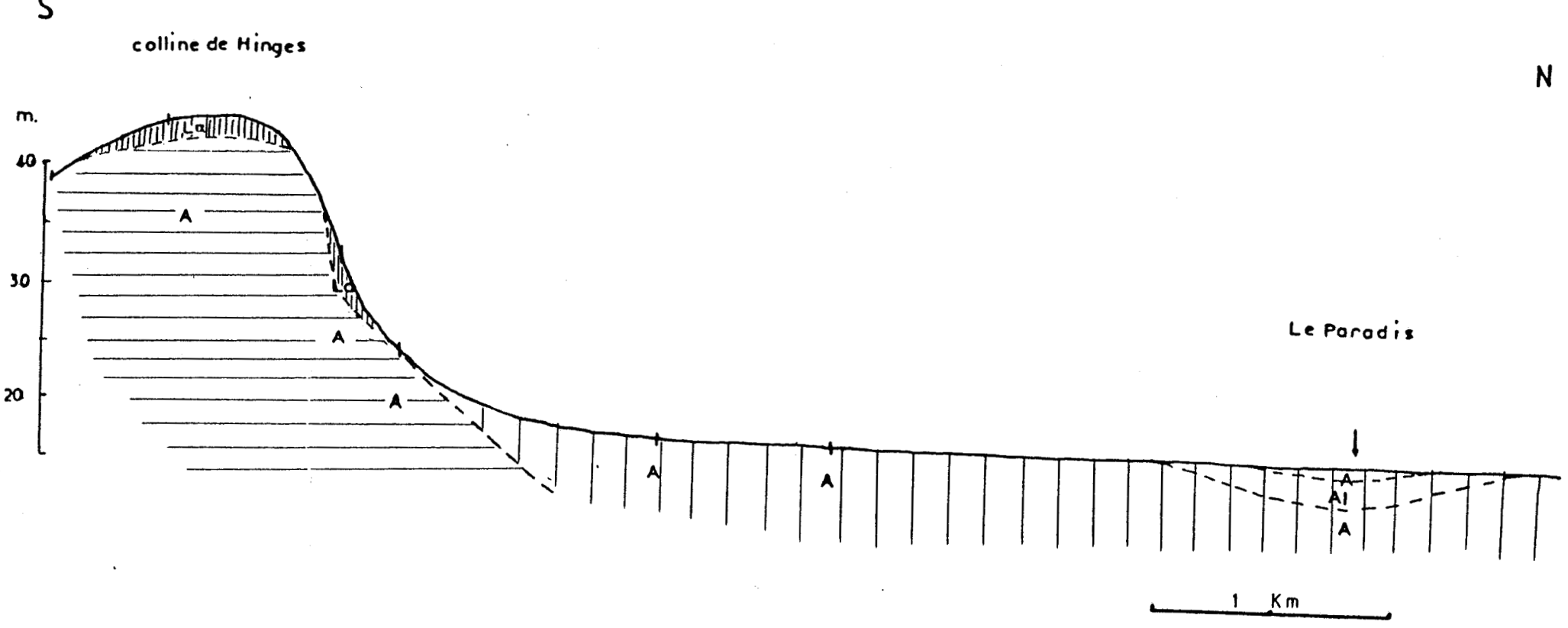


Fig. 66 : Coupe du secteur du secteur de Hinges. Bordure de la Plaine de la Lys. Nord de la France. (d'après KETELS 1984)

CHAPITRE VI

LES SOLS DE LA PLAINE DE LA SLACK

INTRODUCTION.

Les plaines littorales du Nord de la France se présentent généralement comme des espaces ouverts, séparés de la mer seulement par un cordon littoral de sable ou de galets. La Plaine de la Slack s'écarte de ce schéma. Elle est enserrée dans les collines du Boulonnais et reliée à la mer par un chenal étroit.

Cette plaine a été étudiée à la suite d'une augmentation de la fréquence et de l'importance des inondations. Celles-ci sont liées à l'ensablement du chenal et au rehaussement du cordon littoral, qui était, antérieurement à 1976, maintenu artificiellement à un niveau bas par l'exploitation des galets et par des chasses.

La reconnaissance cartographique sommaire des sols de cette région, au relief très atténué, comporte plusieurs étapes successives:

- l'établissement d'une carte de modelé.

- la reconnaissance générale des dépôts suivant le

plan de prospection régional, à raison de 1 sondage pour 32 ha.

- le relevé sur fiche des caractères lithologiques et pédologiques,

- l'interprétation des résultats de la prospection, de la carte de modelé, et la présentation de coupes verticales et parallèles.

Nous avons également relevé, lors des reconnaissances, un certain nombre d'éléments sur la flore et l'état des herbages en relation avec l'engorgement partiel ou total des sols.

Cette étude aborde les conditions de mise en place des différents dépôts à l'origine des sols de la Plaine.

I - DESCRIPTION GENERALE DE LA PLAINE.

La Plaine de la Slack, d'altitude faible, de l'ordre de 3 m N.G.F. constitue une surface plane encaissée entre les versants des collines du Boulonnais, suivant une orientation générale Est-Ouest. La Plaine est subdivisée en deux par une petite éminence, dépôt d'alluvions anciennes (le Cul de Sac), l'ensemble, formant un Y. Les terrains de la plaine couvrent 460 ha, alors que le bassin-versant atteint 400 km². Dans sa partie la plus basse, cette plaine constitue une bande de 0,8 km de large, sur 4 de long, traversée longitudinalement par la rivière Slack. A l'Ouest, l'ancien estuaire de la rivière, est encombré par des formations dunaires anciennes ne laissant qu'un chenal étroit et rectiligne, long de 1 km environ. (fig. 67)

A la sortie du chenal, l'estuaire actuel est encombré

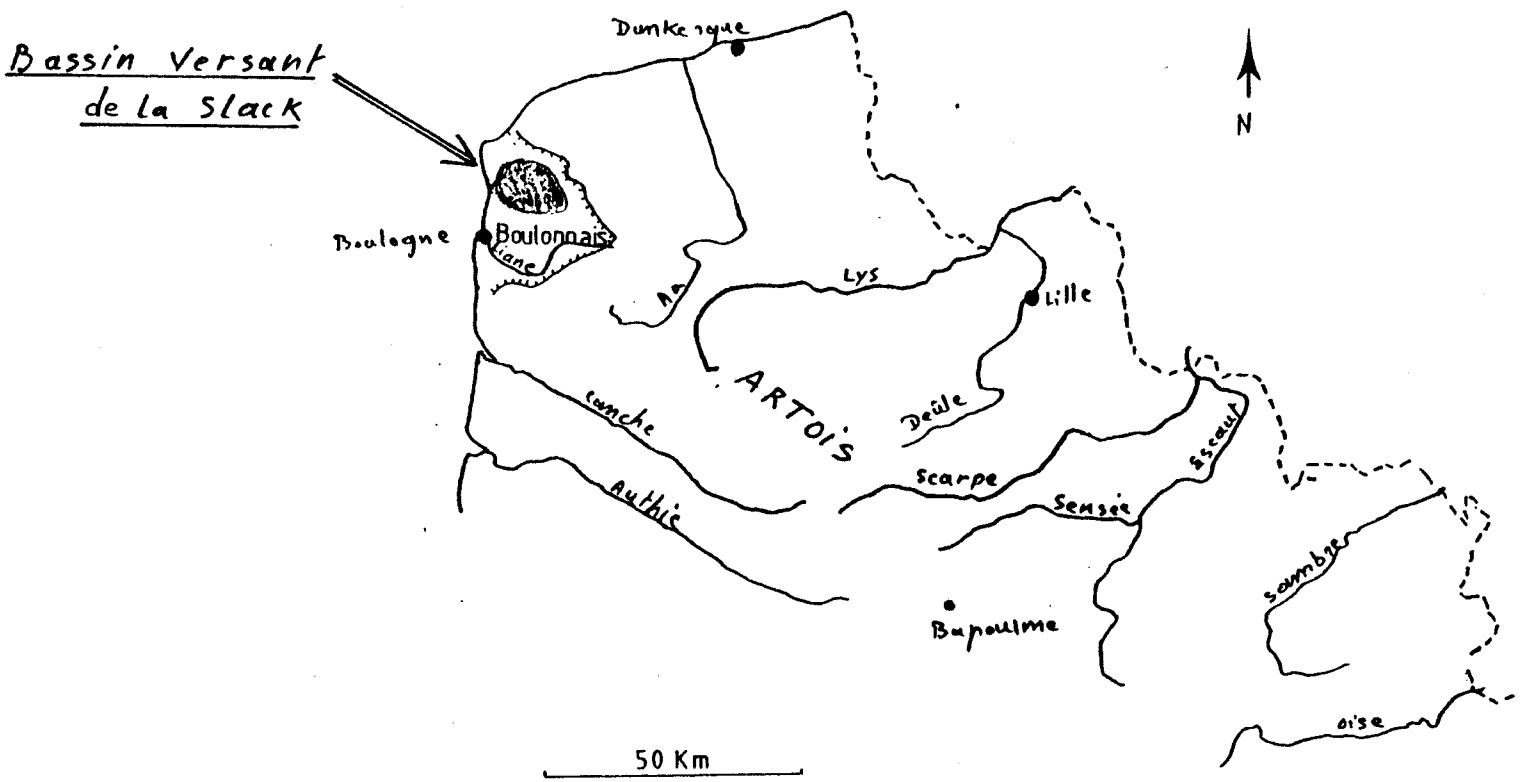


Fig. 67 : Situation du bassin versant de la Slack. Région du Boulonnais. Nord de la France.

par des dunes récentes en mouvement, des cordons de galets et des aménagements divers (blockhaus, anciennes estacades). (fig. 68)

II - LA GEOLOGIE.

D'après la carte géologique à 1/50 000 de Marquise (1971), la plaine est formée d'alluvions récentes reposant sur des argiles et des marnes jurassiques (Callovo-oxfordien, Kimmeridgien).

Au débouché à la mer, des dunes littorales occupent l'emplacement de l'estuaire ancien de la Slack.

Le bassin-versant comprend un ensemble de formations allant de la série dévonienne au Crétacé. Ces formations comprennent essentiellement des marnes et des argiles et forment un substrat imperméable favorisant le ruissellement des eaux. Des limons quaternaires, peu représentés sur la carte, recouvrent néanmoins souvent le substrat.

III - MODELE DE LA PLAINE ET DU BASSIN-VERSANT.

La carte du modelé permet de dégager les différents ensembles morphologiques: les dépressions, les versants, les zones d'altitude plus élevées. Ce document permet également le positionnement altimétrique des sondages et des coupes de terrains, la délimitation de sous-bassins-versants.

Interprétation de la carte du modelé.

La carte du modelé (fig. 69) présente dans la partie médiane de la Plaine, une zone plus basse, plane, dont l'altitude est inférieure à 3,75 m N.G.F., qui s'étend depuis le village de Slack à l'Ouest jusqu'au fond de Laloux en direction

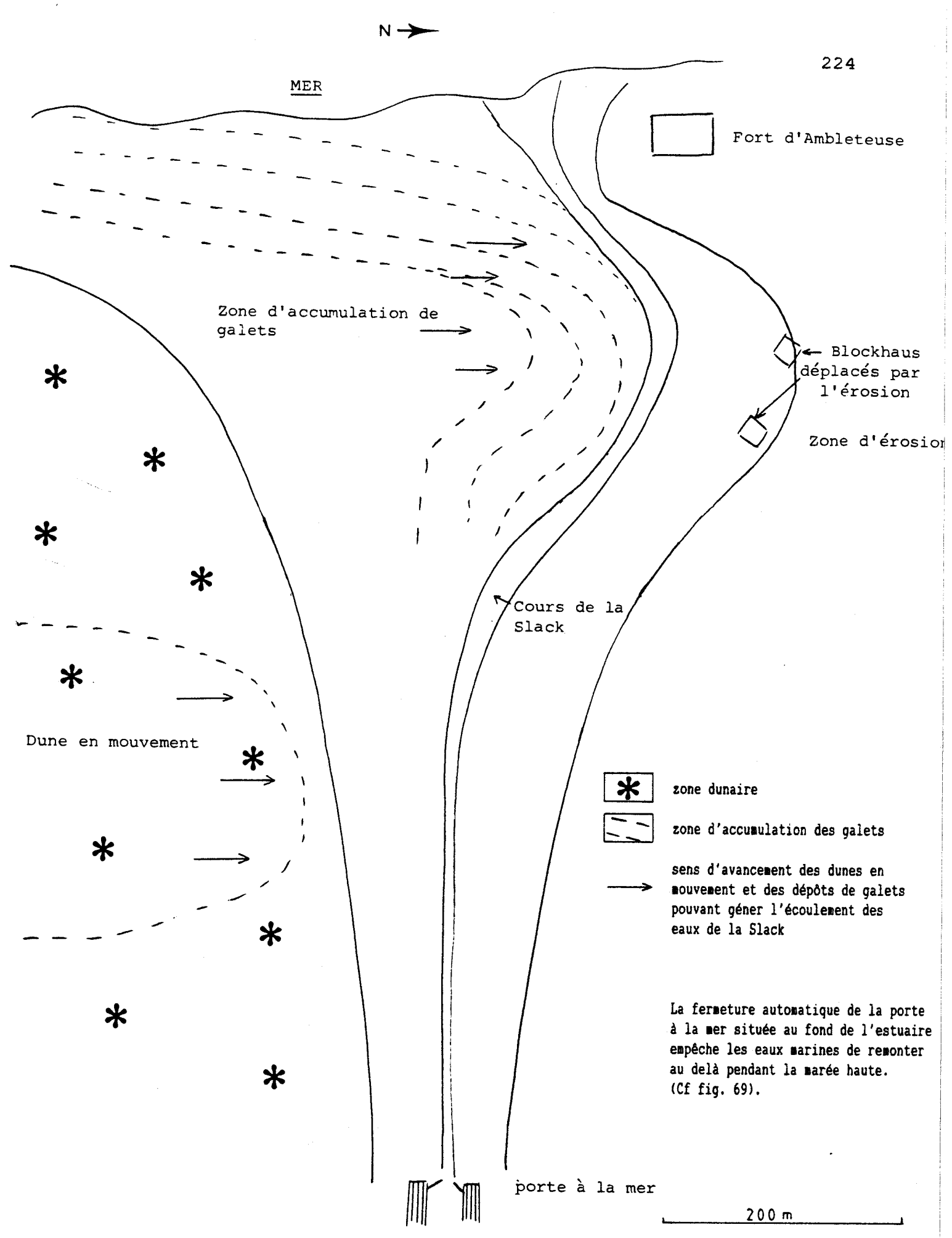


fig. 68 : Schéma de l'estuaire actuel de la Slack. Région du Boulonnais. Nord de la France.

(F.X. MASSON 1980)

LEGENDE

- 10 m à 50 m
- 5 m à 3,75 m
- > 3,75 m
- chenal
- porte à la mer
- ancien estuaire
- estuaire actuel

1 Km

Fig. 69 : Modelé de la Plaine de la Slack. Région du Boulonnais. Nord de la France.

du Moulin de Rouge Berne au Nord-Est.

A l'Est, vers Marquise, la zone basse est rétrécie quasiment au lit de la rivière, montrant un dépôt alluvionnaire plus important suivant cet axe avec une altitude plus élevée généralement comprise entre 3,75 m et 5 m. Ceci est à rapprocher des résultats de l'étude hydrologique des inondations (S.R.A.E., 1981 a, b, PELLETIER, 1981) , qui indiquent que les débits de la Slack sont plus importants que ceux du ruisseau de Bazinghen, déterminant ainsi des possibilités accrues d'apports d'alluvions.

De la zone basse, l'altitude remonte insensiblement de la courbe de niveau 3,75 m à 5 m N.G.F., cette dernière cote marquant la limite de la plaine et du talus des collines.

La carte orohydrographique (fig. 70) met en évidence deux sous-bassins-versants d'inégales dimensions: celui de la Slack et celui du ruisseau de Bazinghen.

Le bassin-versant du ruisseau de Bazinghen à l'amont de Rouge Berne est plus allongé. Par contre celui de la Slack est plus important, plus ramassé. Le bassin-versant de la Slack se divise lui-même en deux au niveau de Marquise, déterminant ainsi le sous-bassin-versant de la Slack amont et celui du Crembreux.

IV - LES SOLS DU BASSIN-VERSANT.

Les sols ne sont connus que très partiellement à partir de secteurs d'étude hydraulique très localisés (S.R.A.E. Nord-Pas-De-Calais). Les résultats d'études tendraient à montrer que les sols sont plutôt formés de limon argileux vers le Nord de la Slack, mais, au Sud, de limons faiblement argileux. Ces derniers reposent à faible profondeur sur les argiles du Jurassique inférieur.

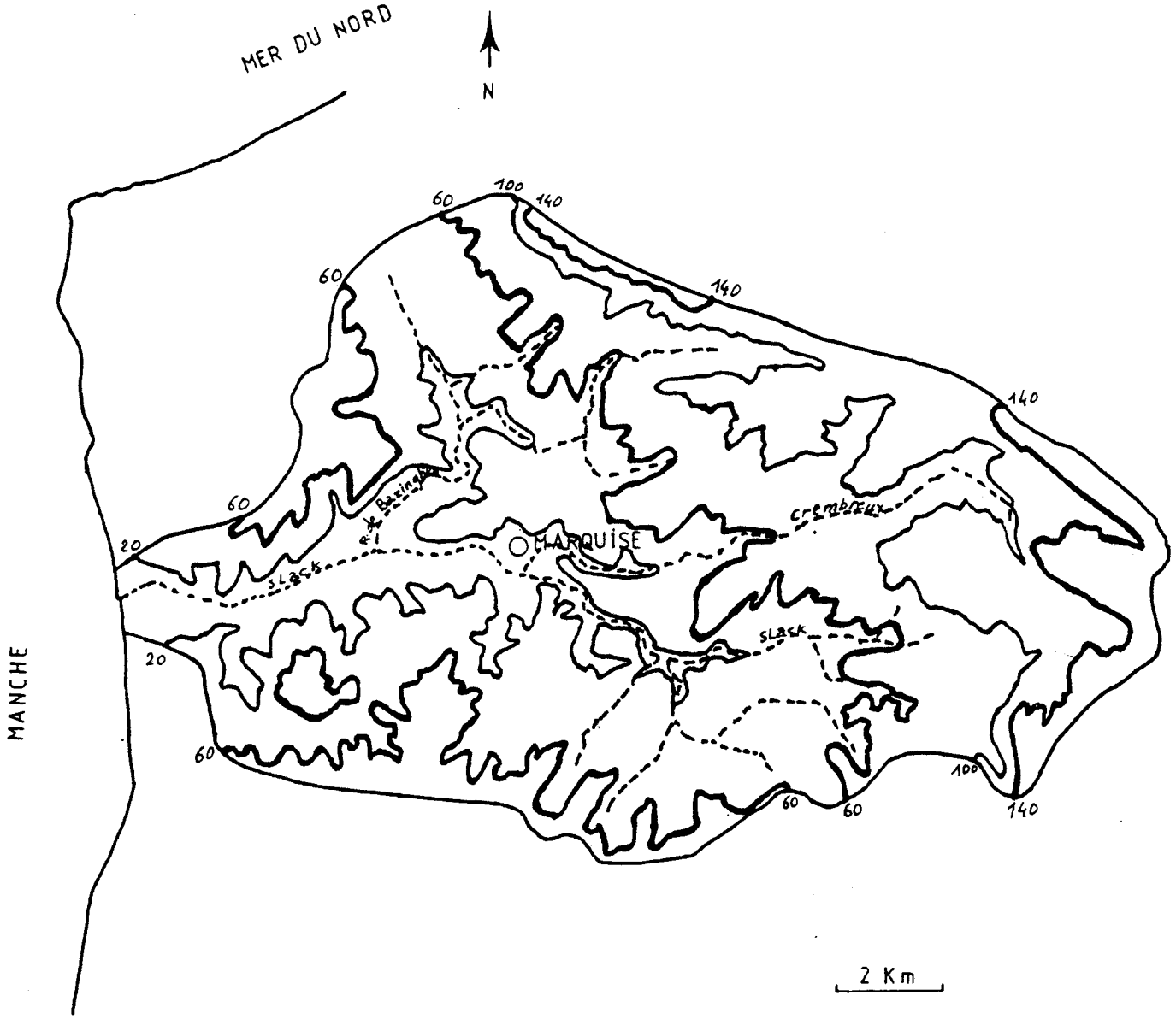


Fig. 70 : Carte orohydrographique du bassin versant de la Slack. Région du Boulonnais. Nord de la France.

Ces formations limoneuses faiblement argileuses sont battantes et de ce fait favorisent le ruissellement. Les observations de terrain montrent que leur texture s'apparente aux dépôts de la zone limoneuse de la basse Plaine de la Slack.

Par ailleurs on observe au Sud du bassin-versant de nombreux secteurs dont les toponymes indiquent le terme de "plaine" signalant des zones de cultures anciennes, situées fréquemment sur ce type de limon faiblement argileux.

On remarque aussi que les vallées y sont moins encaissées.

Ces indices laissent supposer une plus grande sensibilité à générer le ruissellement (battance) et à être érodée (perte en terre) dans la zone sud que dans la zone nord du bassin-versant.

V - LES DEPOTS ET LES SOLS DE LA PLAINE DE LA SLACK.

Les formations superficielles de la Plaine de la Slack ont été reconnus à partir de sondages (MASSON, 1981), dont la position de ceux figurant sur les coupes est reportée sur la figure 72.

Des coupes (fig. 71) et une carte (fig. 72) permettent de situer les différents sols.

Les sols de la Plaine de la Slack se sont développés sur ces alluvions quaternaires récentes, comportant à la base des sables fins, plus proches de la surface (1,5 m) dans la partie aval de la plaine , en deça du cul de sac.

Ces sables sont recouverts d'alluvions argileuses dans la partie nord de la plaine, ces alluvions deviennent limoneuses vers le Sud. Ceci correspond aux apports fluviatiles des sous-bassins versants nord et sud.

Vers le Nord, à proximité du Fond Laloux, sous les alluvions argileuses une tourbe repose vers 1,20 m sur les

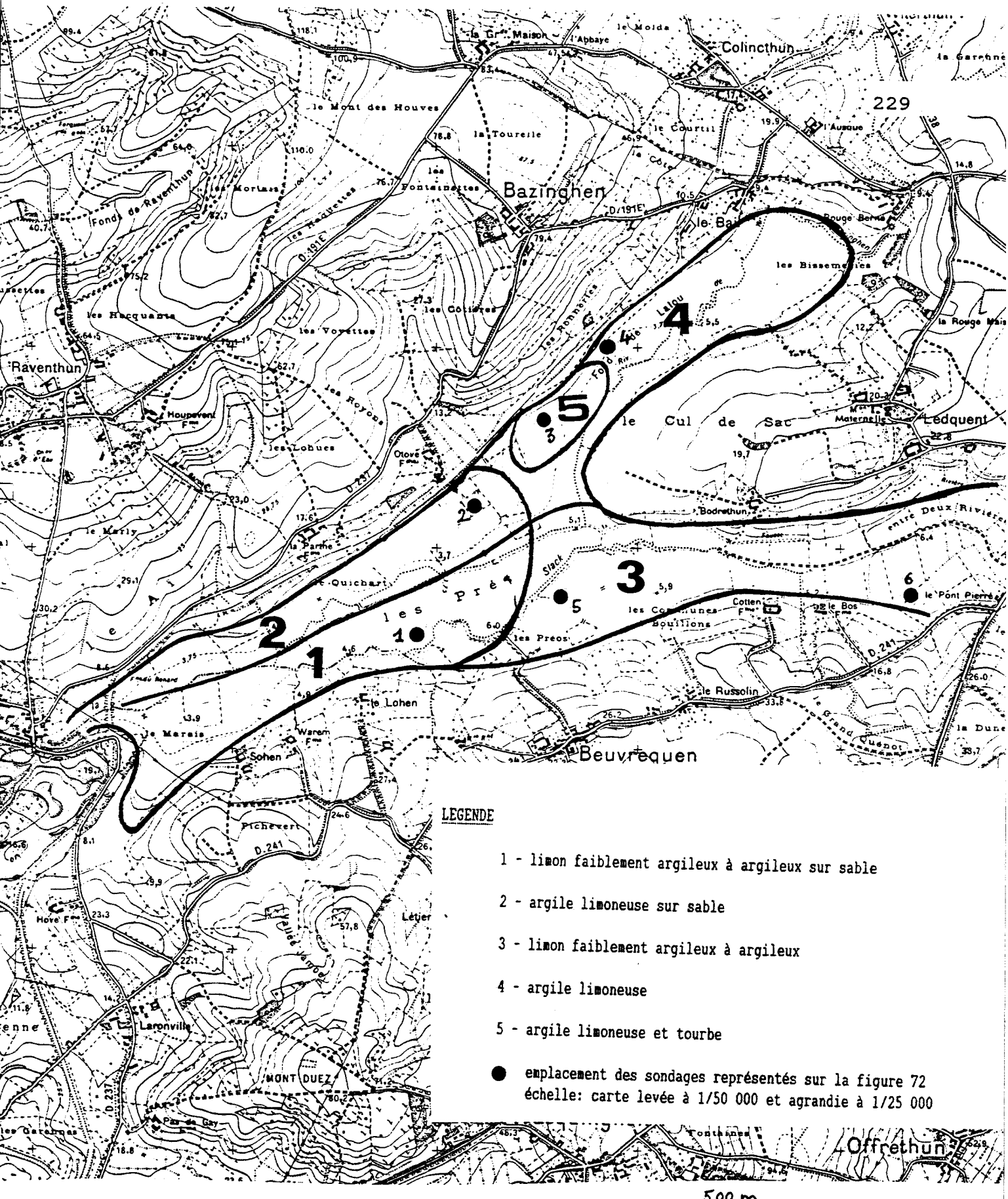


Fig. 71 : Carte des matériaux de la Plaine de la Slack. Région du Boulonnais. Nord de la France

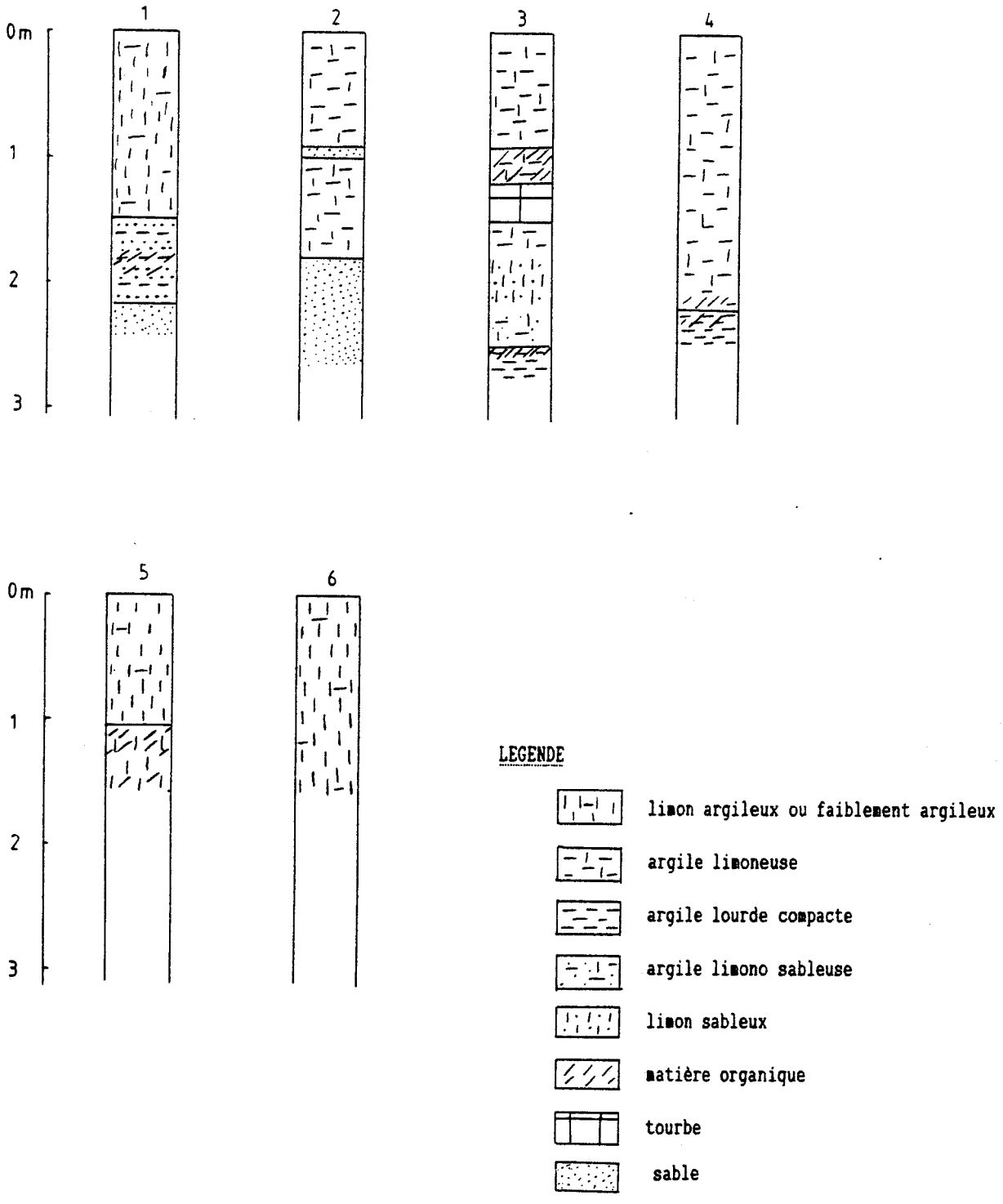


Fig. 72 : Coupes des terrains de la Plaine de la Slack. Région du Boulonnais. Nord de la France.

sables inférieurs. La zone tourbeuse correspond à la branche nord d'altitude plus basse et où l'alluvionnement est moins important.

Cette succession de matériaux correspond au recouvrement des sédiments marins (sables) par des alluvions argilo-limoneuses et limoneuses ou des tourbes. Le développement de la tourbe pourrait correspondre comme dans d'autres plaines maritimes au sommet de l'Assise de Calais. La phase terminale des dépôts, qui pourrait correspondre à l'Assise de Dunkerque, a un caractère plus continental, dans cette plaine, en raison du barrage de l'estuaire de la Slack par des dunes et des bancs de galets.

Sur les sondages représentés en coupe on observe un horizon brun de 0,30 m à 0,80 m de profondeur, reposant sur un horizon tacheté (pseudo gley) matérialisant la présence de la nappe, en période pluvieuse, conditionnée par l'écoulement difficile de la rivière vers la mer. L'horizon tacheté repose lui-même sur un horizon gleyifié, de couleur bleue, apparaissant entre 0,8 m et 1,5 m et marquant l'abaissement de la nappe.

La couche supérieure du sol, régulièrement exondée montre une coloration ocre jaune. Cette exondation partielle est réalisée grâce à un système de diguettes et de fossés muni de clapet permettant l'évacuation des eaux vers la rivière Slack en période de marée basse. L'importance des excès d'eau est souligné par l'apparition dans les pâturages, de plantes hygrophiles: grande oseille, roseaux, joncs, renoncules des prés, etc.

VI - LES DEBITS DES RIVIERES SUR LE BASSIN-VERSANT DE LA SLACK.

La Plaine de la Slack est alimentée par la rivière Slack à l'Est qui elle même se subdivise entre le Crembreux et la Slack amont; une deuxième alimentation provient du ruisseau de Bazinghen située au Nord-Est.

PELLETIER (1981) observe le 30/12/80 les débits suivants , à l'entrée de la Plaine de la Slack :

- la Slack au Pont de Pierre : 0,8 m^3/s,
- le ruisseau de Bazinghen au Moulin de Rouge Berne: 0,12 m^3/s.

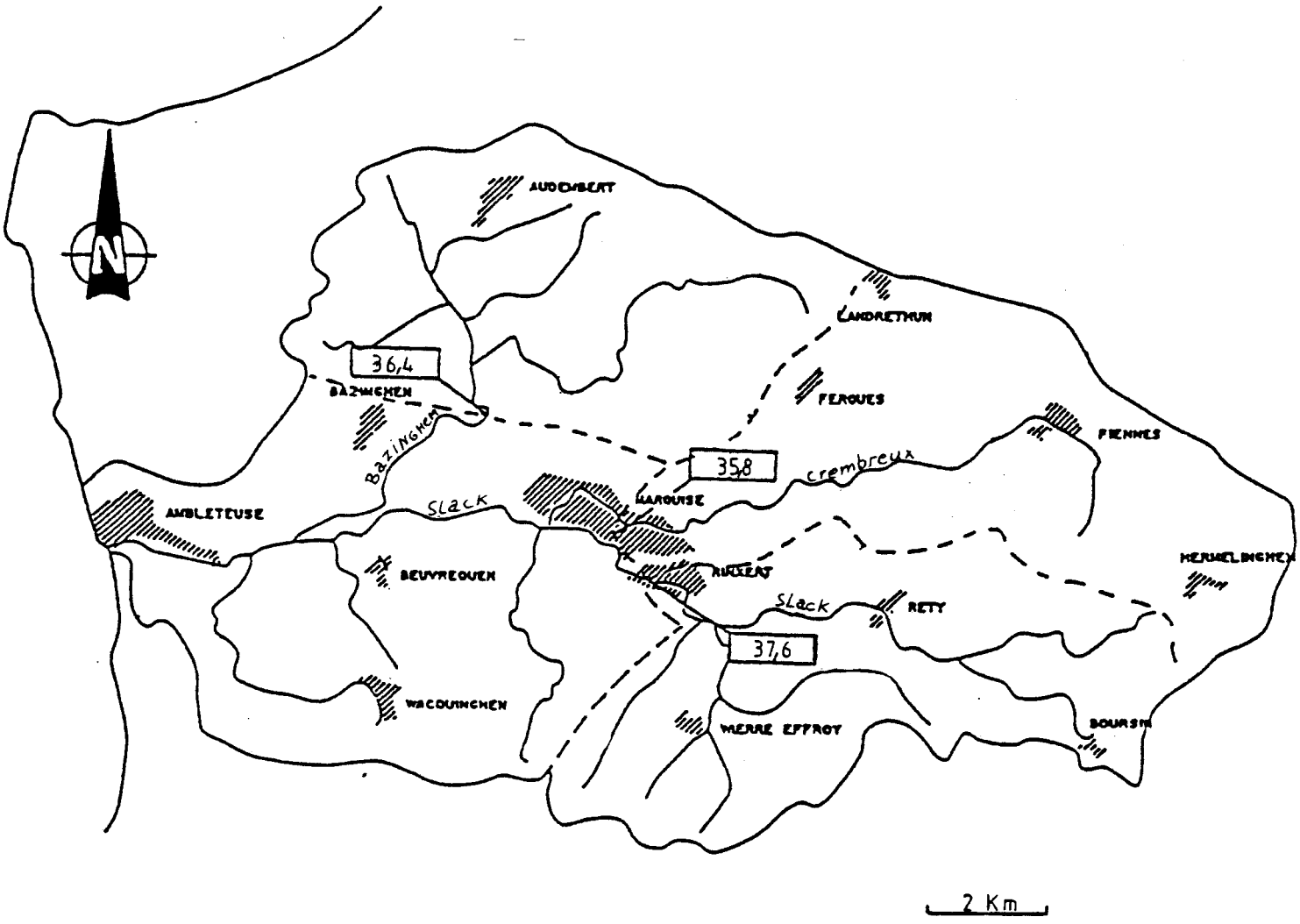
Il considère ces débits comme des valeurs moyennes, les débits de crue pouvant être beaucoup plus importants. Les crues quinquennales à décennales estimées peuvent être de l'ordre de:

- 20 à 27 m^3 / s pour la Slack au Pont de Pierre,
- 5 à 6,5 m^3 / s pour le ruisseau de Bazinghen au Moulin de Rouge Berne.

Le ruisseau de Bazinghen, et les rivières Slack amont et Crembreux, ont été étudiées séparément, en ce qui concerne particulièrement les débits de pointe. Ils drainent trois bassins-versants à surface à peu près équivalente, soit respectivement 36,4 km^2, 35,8 km^2, 37,6 km^2 (fig. 73).

Ces bassins-versants se distinguent par leurs formes et surtout par la nature des terrains drainés; celui de la rivière Slack amont est plus allongé. De même le contexte hydrogéologique et les sols peuvent être différents, ce qui explique les différences de débit sur chacune des rivières et notamment en ce qui concerne les débits de pointe

La figure 74 montre l'exemple d'une crue observée du 17/12/80 à 12 h au 19 /12/80 à 12 h. Les points de mesure se situent à Rinxent pour la Slack amont, Marquise pour le



LEGENDE

limite du bassin versant

limite de sous bassin versant

36,4 surface de sous bassin versant : 36,4 Km²

Fig. 73 : Schéma hydrologique du bassin versant de la Slack. Région du Boulonnais. Nord de la France.

Volume écoulé du 17-12-1980 à 12 H au 19-12-1980 à 12 h

Slack	460 000 m³
Crembreux	158 000 m³
Rau de Bazinghem	156 000 m³
Total	774 000 m³

Q max de pointe

Slack	10,1 m³/s
Crembreux	1,9 m³/s
Rau de Bazinghem	2,9 m³/s

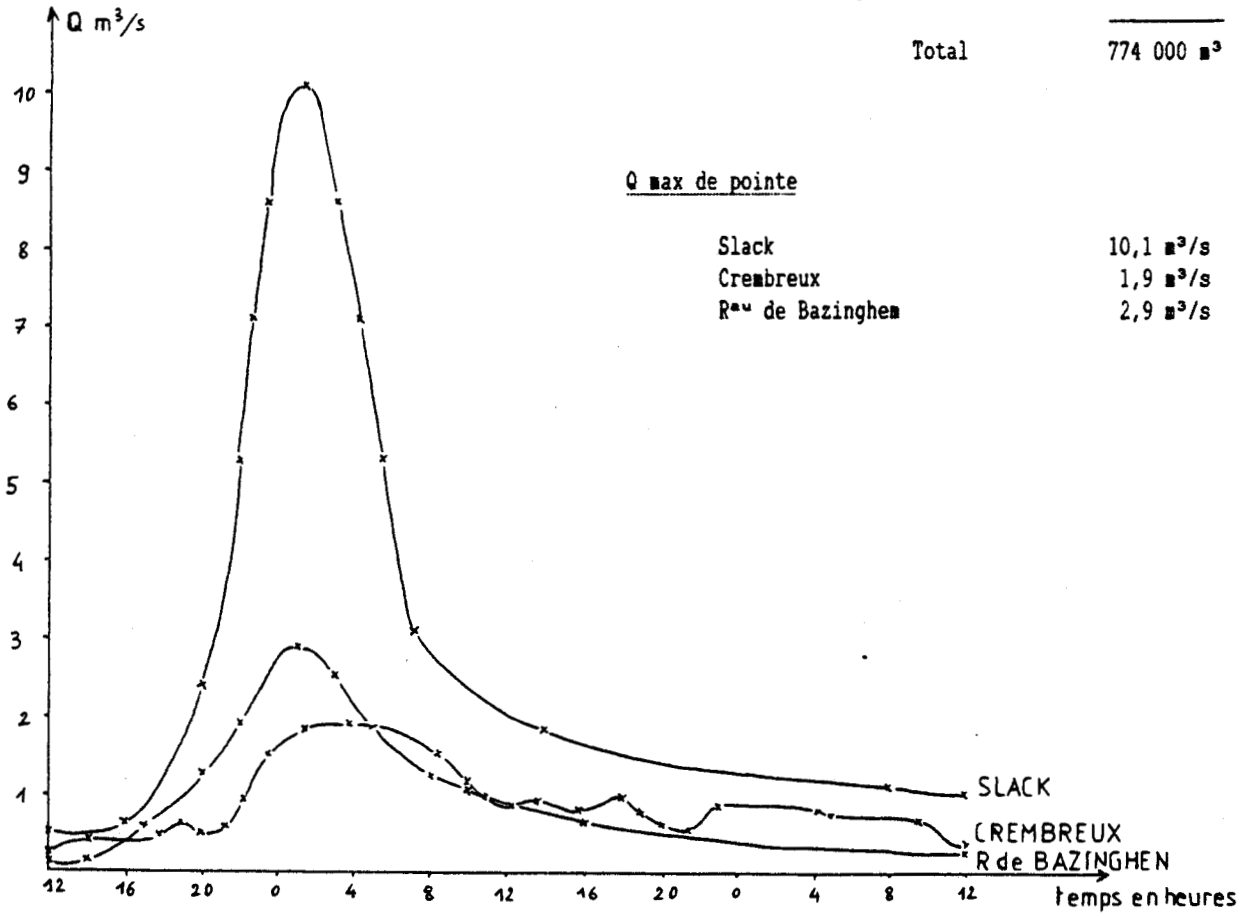


Fig. 74 : Crue du 17 au 19 Déc. 1980 sur le bassin versant de la Slack. Région du Boulonnais. Nord de la France.

(d'après PELLETIER 1981)

Crembreux et au Moulin de Rouge Berne pour le ruisseau de Bazinghen.

On constate sur le diagramme une énergie plus grande de la crue de la Slack amont, qui peut correspondre d'une part à un ruissellement plus intense sur le sous-bassin-versant et une possibilité de transport qui correspond aux dépôts limoneux importants observés dans la partie est et sud de la plaine.

Les limons se déposent en raison des l'étalement des eaux sur la plaine à chaque crue, diminuant ainsi la vitesse d'écoulement. La branche est de la plaine située dans l'axe de la Slack présente un alluvionnement plus important (altitude des terrains plus élevée) et essentiellement limoneux. La branche Nord-Est de la plaine, alimentée par le ruisseau de Bazinghen, dont l'énergie est plus faible, présente principalement des argiles limoneuses, des limons argileux, également des tourbes. L'extension des sables fins inférieurs, caractérisant les apports marins, est bien marquée dans la partie aval de la plaine. Le recouvrement par les dépôts limoneux et argilo-limoneux montre la prépondérance des apports fluviatiles, suite au colmatage déjà ancien de l'estuaire par les formations dunaires et les cordons de galets.

CONCLUSION.

Parmi les formations de la plaine, les dépôts de limons sont dominants, notamment dans la partie sud et est. L'extrémité aval de la plaine, fermée partiellement par les dunes et cordons de galets, détermine des inondations et des stagnations d'eau, favorisant les dépôts de limons apportés par les rivières. Les apports sont plus importants sur le bassin de la Slack amont, où l'énergie plus importante des eaux correspond à des possibilités de ruissellement plus fortes, sur ce sous-bassin-versant. Les sols et les formations superficielles sont dépendantes de ces facteurs.

CHAPITRE VII

LES SOLS ANCIENS DU HAUT PAYS

Le Haut Pays (SOMME, 1977) comprend: le Boulonnais, l'Artois, le Cambrésis, la Thiérache, le Hainaut, dont les altitudes atteignent souvent 160 m. (voir fig. 1, Introduction, p.6). On assimile également au Haut Pays les sommets des collines de Flandre dont les altitudes sont comparables. Le Haut Pays présente, sous les sols récents, les témoins de sols anciens dont nous avons perçu la présence lors de prospections. Les sols anciens enterrés, témoins de périodes climatiques antérieures, entraînent souvent des difficultés d'interprétation lors des reconnaissances des sols. Leur présence doit être reconnue.

I - L'ORGANISATION DU RELIEF.

La courbe de niveau 80 m, cerne conventionnellement le Haut Pays, qui s'individualise par l'organisation du relief. Par convention, à partir d' environ 80 m, commence le versant qui assure la transition avec le Bas Pays.

Le Haut Pays comprend des hauteurs avec une

morphologie de plateaux. Les altitudes culminent régulièrement entre 180 et 200 m du Boulonnais à la Thiérache (SOMME, 1977).

Ces altitudes s'abaissent toutefois vers 140 m au niveau du Seuil du Cambrésis.

A ces hauteurs, au sommet des plateaux, il faut adjoindre un certain nombre d'éléments de relief d'altitude moindre, inclus dans l'auréole du Haut Pays, ou encore des éléments de relief du Bas Pays connus comme buttes témoins telles que les collines de Flandre intérieure: le Mont Cassel , le Mont des Récollets, le Mont des Cats, le Mont Noir, etc. dont les sommets dépassent 150 m.

II - LES PALEOSOLS DES REGIONS HAUTES.

Les hauteurs ont fait l'objet de nombreuses discussions portant sur les anciennes surfaces de dépôts, l'altération et l'évolution pédologiques de certaines de ces formations.

SOMME (1977) présente notamment les formations du Diestien, dernier étage de la série tertiaire des collines des Flandres. Il se réfère à TAVERNIER (1954) et propose pour caractériser les sols des *"phénomènes d'altération en rapport avec le balancement des nappes phréatiques anciennes qui ont pu jouer à des périodes variées."*

Il indique également que "*...les caractères pédologiques du "Diestien" ont été rapprochés de ceux des Ultisols du Sud-Est des Etats Unis (sols rouges et jaunes podzoliques). Cela s'accorde avec le climat subtropical déduit de l'étude des pollens...*"

Le Diestien et les formations qui lui ont été rattachées, notamment dans le Boulonnais la formation des Noires Mottes, ainsi que les formations de sables roux ou d'argile à silex du Boulonnais et de l'Artois, ont fait l'objet

de nombreuses discussions, au sujet de leur âge et de leur origine. Qu'il s'agisse de sable diestien, de sable roux à silex, ou d'argile à silex, ce sont des matériaux profondément altérés, souvent remaniés, témoins de formations antéquaternaires, et reliques d'évolutions pédogénétiques anciennes.

Les paléosols sont nombreux au sein des dépôts limoneux quaternaires, en fonction des phases climatiques, et des cycles interglaciaires et glaciaires successifs.

Ces paléosols ont été signalés par différents auteurs dans la région et les régions voisines: LADRIERE, 1890, FEDOROFF, 1965, PAEPE, 1968 a et b, JAMAGNE, 1969, 1971, 1972, JAMAGNE *et al*; 1971, SOMME, 1977, LAUTRIDOU, 1985, LAUTRIDOU *et al*, 1986. Ils caractérisent la stratigraphie des formations limoneuses antéweichseliennes. (SOMME, 1977).

III - LA COMPLEXITE DE L'ORGANISATION ET DE LA DISTRIBUTION DES SOLS ANCIENS.

La position des sols anciens dans le paysage, n'est pas forcément régulière dans la mesure où la tectonique a pu jouer suivant un système de blocs, découpant la région en une véritable mosaïque où les phénomènes de dissolution des roches (craie et calcaire) accentuent le caractère aléatoire de la disposition altimétrique de ces témoins. De plus, le système de dépôts de couverture, d'épaisseur variable n'en permet l'observation que de façon discontinue.

D'autres facteurs comme l'érosion des sols, les variations dans l'évolution des sols et la possibilité de conservation des caractères limitent encore les possibilités de corrélations entre les différents témoins.

Les paléosols sont donc souvent difficiles à

utiliser, en raison de leur discontinuité, pour déterminer des niveaux stratigraphiques ayant valeur de repère et établir ainsi une chronologie des dépôts et des sols. Comme l'indique SOMME (1977), il conviendra donc de définir des unités lithostratigraphiques et de les intégrer dans une chronostratigraphie à partir de coupes de référence datées.

Les corrélations des unités lithostratigraphiques et des horizons repères, quand ils existent, sont possibles ensuite de proche en proche.

Cependant, en ce qui concerne les sols, même s'il ne s'agit pas, pour les études courantes, de démarche de chronologie absolue, la démarche de chronologie relative ne doit pas être absente des préoccupations du cartographe, dans la mesure où elle permet de déterminer sur un site particulier les rapports existants entre les différents sols: sols récents, et paléosols. Il s'agit donc d'intégrer la démarche historique dans le processus de compréhension du sol.

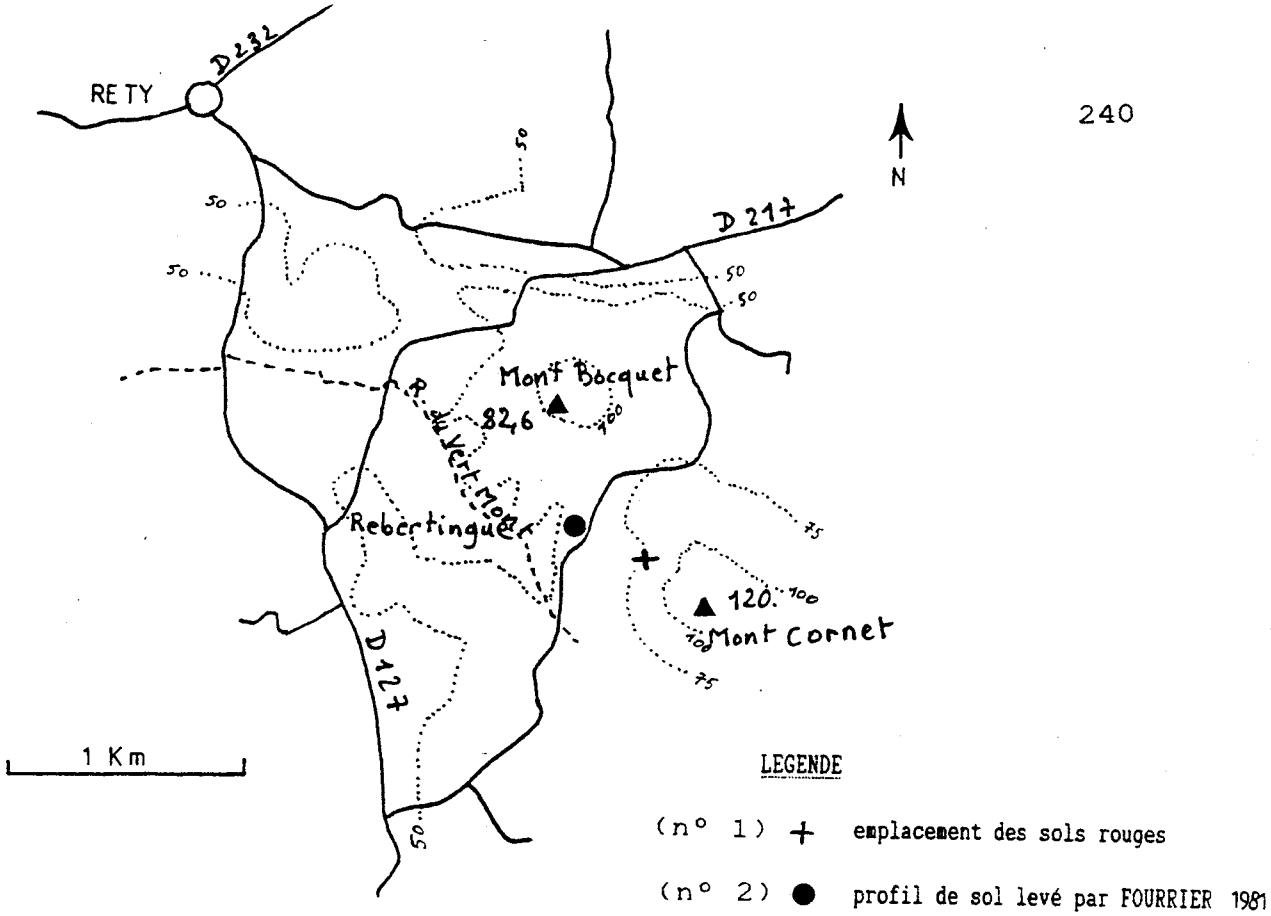
IV - EXEMPLES DE PALEOSOLS.

Quelques exemples d'évolutions anciennes de sols ont été observés lors de prospections, et sont présentés ci-après:

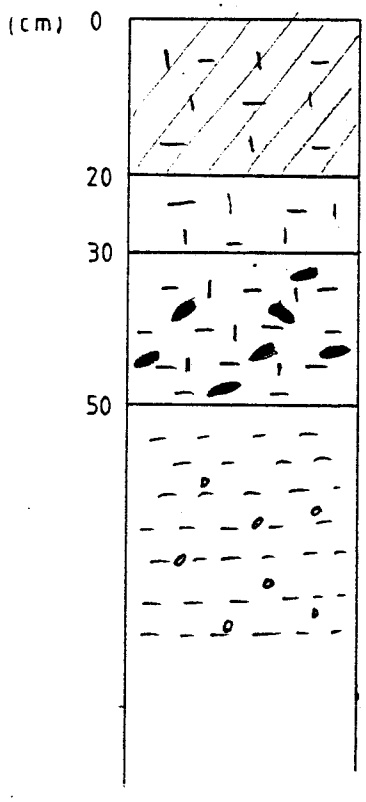
1/ Les sols rouges fersialitiques du Mont Cornet dans le Boulonnais, observés lors d'une prospection réalisée par MASSON et FOURRIER en 1981 (doc. S.R.A.E., inédit).

Ces sols sont localisés le long d'un chemin vicinal croisant la départementale 217 à proximité du village de Réty (fig. 75). Ils ont été observés vers 80 m en contrebas d'un talus, près d'une petite colline culminant à 120 m, le Mont Cornet.

La carte géologique indique la nature du substrat antéquaternaire formé de sables et argiles wealdiens. Elle



profil n° 2



limon argileux, brun olive (2,5 Y 4/4) avec taches d'oxydation brun jaune (10 YR 6/6) teneur moyenne en matière organique

limon argileux, brun (7,5 YR 5/2) avec taches ocre rouge (5 YR 5/6)

argile limoneuse (5 Y 5/1) avec taches rouilles (5 YR 4/4) concrétions de fer manganèse, silex de 4 à 5 cm

argile, gris clair (2,5 Y 7/0) avec taches jaune pale (2,5 Y 7/4) quelques concrétions calcaires

Fig. 75 : Profil de sol, secteur du Mont Cornet à proximité de la commune de Réty, région du Boulonnais. Nord de la France.

signale la présence de failles perpendiculaires à la pente, expliquant la présence de grands talus en contre bas desquels se situent nos observations. Cette fracturation du paysage rend difficile la corrélation des observations. Un parcours de terrain en remontant en direction de la butte du Mont Cornet permet de localiser des sables et des grès ferrugineux correspondant, aux sables glauconieux de l'Albien inférieur et de l'Aptien. Plus bas sur le versant la carte indique des argiles gris bleu calloxo-oxfordiennes.

Le sol repéré par sondage, sur le secteur correspondant aux argiles du Wealdien, (fig. 75, p. 240 point n°1), est un sol ancien masqué par un limon argileux récent, de couleur ocre jaune d'environ 40 cm. Celui-ci repose sur l'argile présentant un horizon rouge vif (10 R 4/8, red) de 30 cm d'épaisseur, qui passe ensuite à un horizon blanc (7,5 YR 8/2, light gray). Le matériau, est une argile lourde plastique, donnant un toucher cireux lors du malaxage entre les doigts.

FOURRIER a décrit en 1981 (Doc. S.R.A.E., inédit) une fosse située à 200 m en contre bas sur la pente (fig. 75, p. 240, point n° 2,).

Le sol présente la succession d'horizons et de dépôts suivantes:

0 - 20 cm - un limon argileux humifère de couleur brun olive (2,5 Y 4/4), avec des taches d'oxydation jaune brun (10 YR 6/6)

20 - 30 cm - un limon argileux de couleur brune (7,5 YR 5/2) avec des taches rouge jaune (5 YR 5/6).

30 - 50 cm - une argile limoneuse, comportant des taches rouilles (5 YR 4/4) et grises (5 Y 5/1), des concrétions de fer-manganèse, des silex de 4 à 5 cm.

> 50 cm - une argile gris clair (2,5 Y 7/0) avec des taches jaune pâle (2,5 Y 7/4) et quelques concrétions calcaires.

On constate que les argiles observées aux points 1

(développement du sol rouge) et 2 (niveau inférieur d'argile gris clair) ont à l'observation les mêmes caractères: matériaux plastiques, cireux et compacts. Toutefois, dans la fosse (point n° 2), les caractères de coloration, observés au point n° 1 (coloration rouge vif et blanc) n'existent pas.

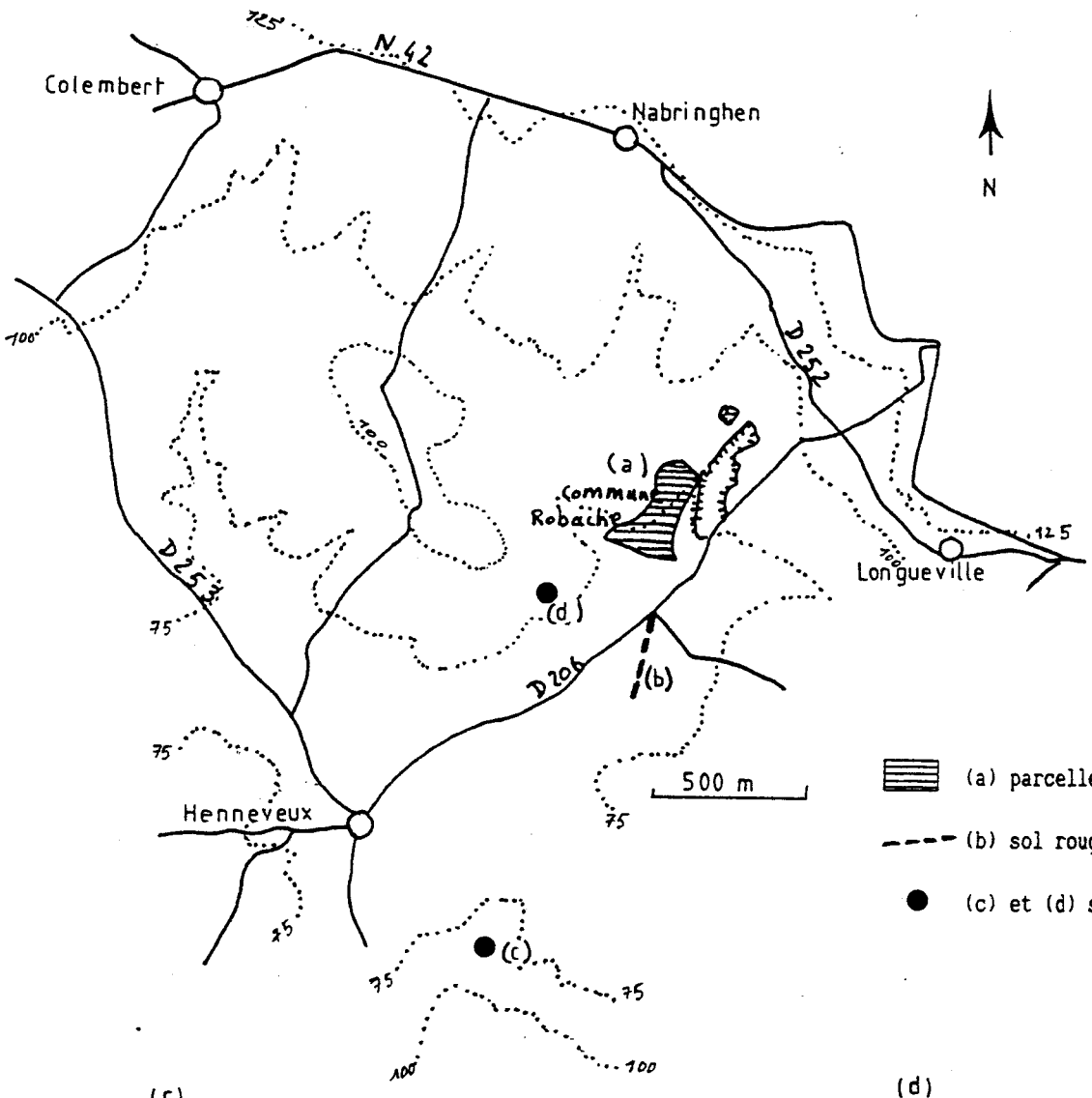
Cette différence aux hypothèses suivantes:

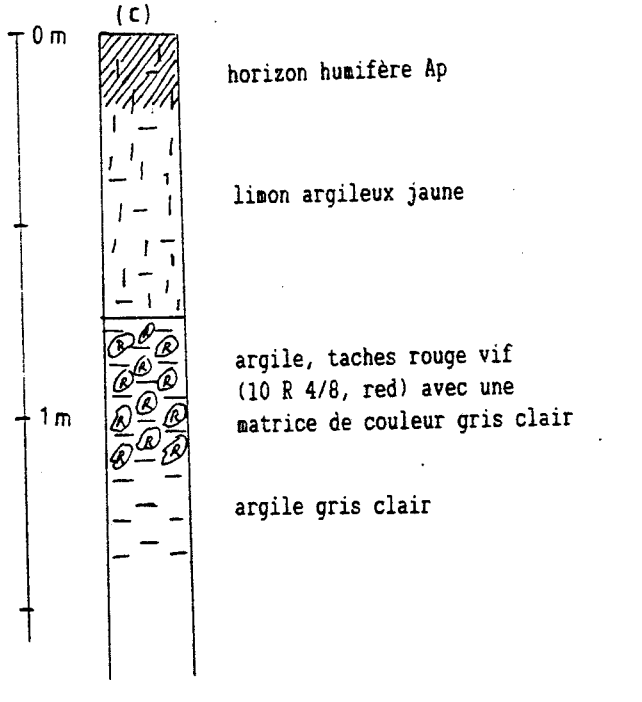
- remaniement, entraînement et dépôt de matériaux sur la pente, ce que semblent indiquer les couches limoneuses ou d'argile limoneuse, enrichis en cailloutis, reposant au dessus de l'argile compacte.
- remobilisation du fer, en contrebas, dans un secteur fréquemment ennoyé par la nappe,
- possibilité de tronquature d'un paléosol qui semble vraisemblable en raison de la présence d'un horizon avec des concrétions calcaires dans les argiles, gris clair, inférieures. Ce sol tronqué a été ensuite recouvert par des argiles limoneuses avec cailloutis, puis par des limons.

Ces sols anciens, rouges et développés sur argiles, ont été remarqués en d'autres endroits et notamment sur le secteur de Nabringhen.

2/ Les sols rouges de Nabringhen

Entre les villages de Nabringhen, Longueville et Henneveux , des sols argileux, de couleur rouge, subaffleurant, ont été observés par sondage dans un deuxième site (fig. 76). Ces sols rouges sont à peine recouverts par un horizon ocre jaune de 25 cm se rapportant à la pédogenèse actuelle (parcelle de Commune Robache). Ces sols comprennent un horizon de couleur rouge vif (10 R 4/8, red) reposant sur un autre horizon de couleur blanche (5 YR, 8/2, light gray). La carte géologique de Desvres indique des formations argileuses, analogues à celles de Réty. Elles voisinent également une butte dont les sables contiennent un grand nombre de grès ferrugineux. Ces formations sont indiquées comme appartenant au Wealdien.





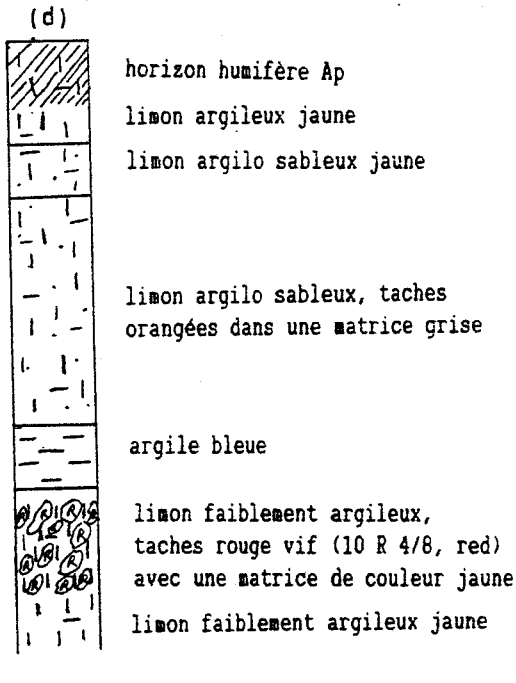


Fig. 76 : Sols rouges du secteur de Nabringhem - Henneveux, Région du Boulonnais. Nord de la France.

Dans le même secteur, sur le sommet d'un versant, le long de la route D 206, un sol rouge a été observé, sur une tranchée de drainage, avec 2 horizons bien marqués, développés dans les argiles, le premier de couleur rouge se superpose au deuxième de couleur blanc crème. Ces deux horizons sont légèrement masqués, en surface, par des limons de couleur ocre jaune, d'environ 35 cm, partiellement remanié par le labour.

Au fur et à mesure que la tranchée de drainage descend sur la pente, on observe que les sols deviennent plus humides et que les oxydes passent progressivement du rouge vif, à l'ocre jaune. La distinction entre les deux horizons rouge et blanc disparaît progressivement. Le profil prend une teinte ocre jaune bariolée indiquant un sol actuel hydromorphe.

L'âge de ces sols n'est pas précisé. D'après les notices des cartes géologiques ces sols rouges seraient développés sur la formation du Wealdien (PINCHEMEL, 1953, BONTE, 1965 a). La notice explicative de la feuille de Desvres, (BONTE *et al*, 1982) signale sur le Weald des *"argiles rouges ou bariolées rouges et crèmes"*.

SOMME (1977) est plus nuancé et indique que ces formations du Weald se présentent sous forme de faciès sableux et argileux, mais sont recouvertes de formations pléistocènes avec paléosols.

L'examen des sondages réalisés dans le Boulonnais confirme la proposition de SOMME. En effet, le repérage près de la surface des sols rouges est très rare. Par contre il est fréquent de rencontrer ces sols sous un recouvrement de plus de 1 m d'épaisseur (fig. 77). Par ailleurs, on constate que ces sols rouges se sont développés également sur des faciès argileux remaniés, ou sur des limons comme le montre la fig. 76 c et d (p. 243). Les formations limoneuses sont du Quaternaire. Ceci constitue un argument pour rattacher ces sols non pas au Wealdien, ni au Pliocène, mais à une période quaternaire ancienne.

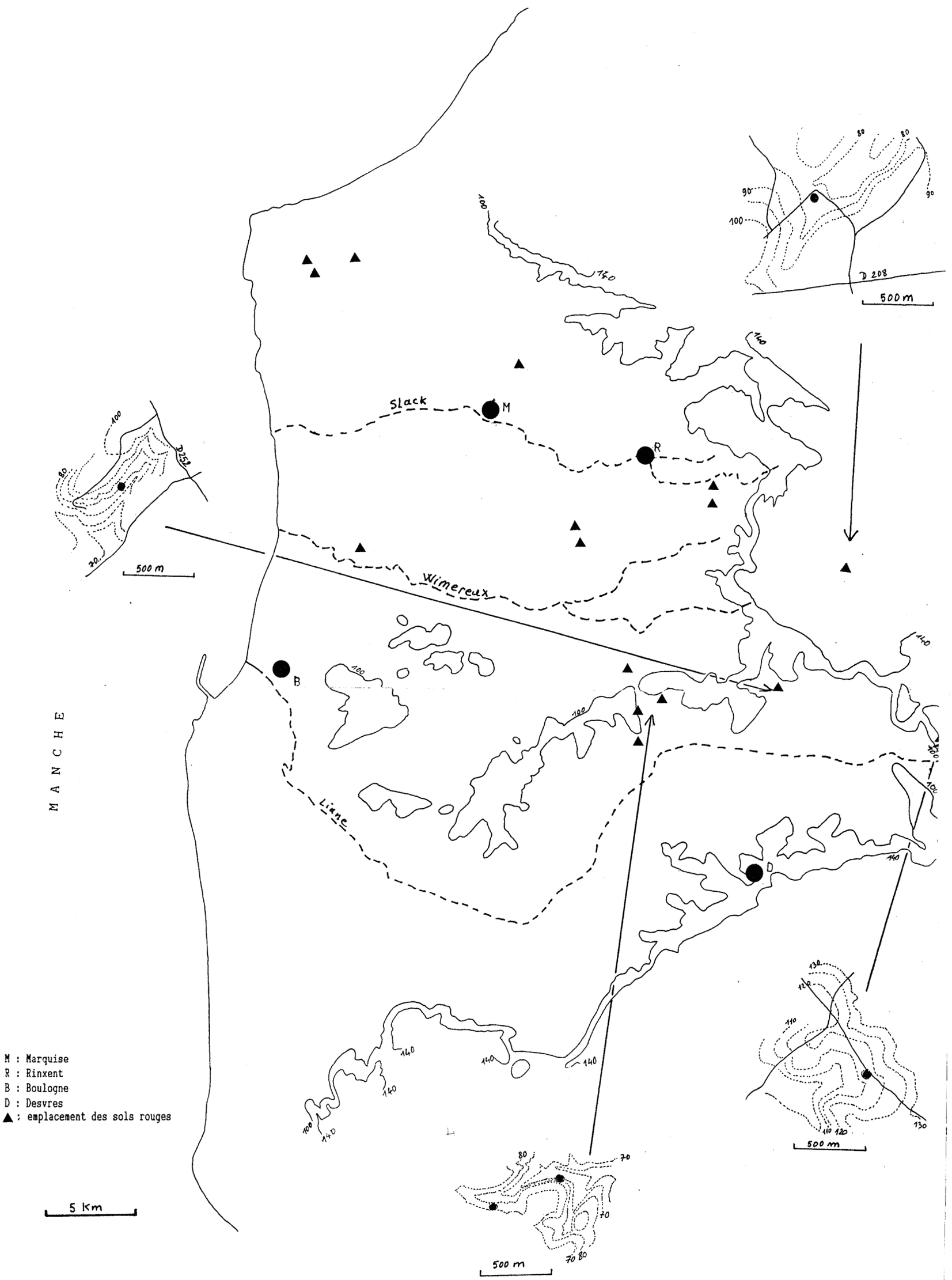


Fig. 77 : Localisation des sols rouges dans la région du Boulonnais. Nord de la France.

Ces exemples présentés plus haut montrent l'existence de sols anciens: sables roux avec grés ferrugineux , argiles rouges qui sont recouverts de dépôts plus récents, marqués seulement par le genèse actuelle, celle-ci affectant peut-être aussi ces sols anciens. D'autre part, on constate que certains caractères des sols anciens sont conservés, tels que les caractéristiques des argiles (compactes, plastiques, à faible retrait), ce qui rend plus complexe la reconnaissance et d'analyse de sols.

3/ Les argiles à silex.

Les argiles à silex, stricto sensu, sont formées d'un conglomérat d'argile brune et de silex. Elles sont souvent présentes entre la craie et les limons. Elles sont considérées le plus souvent comme des matériaux résiduels de décarbonatation de la craie ou comme des paléosols, quand elles affleurent. Cette question a été débattue dans de nombreuses publications: POTIER, 1879, BONTE, 1955 a et b, 1965 b, 1967, 1971, POMEROL, 1965, MAUCORPS *et al*, 1967, DEWOLF, 1970, 1973, MATHIEU, 1971.

4/ Les limons et les limons sableux avec silex.

Présentées par GOSSELET (1920 a), ces formations limono-caillouteuses et sableuses couvrent une large partie de la feuille de Montreuil (DESTOMBE, 1974).

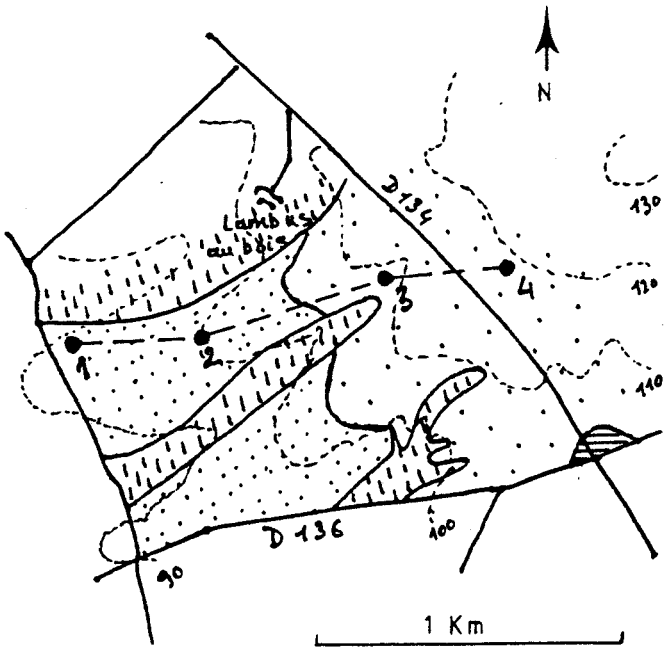
SOMME (1977) fait une mise au point sur les "limons rouges à silex". Il juge inadéquat ce type d'appellation pour désigner ces formations sablo-caillouteuses. Il signale au sujet des argiles à silex qui semblent se trouver dans la même position stratigraphique, que le terme "argile à silex" demande à être précisé par rapport aux formations limoneuses. Toutefois les limons sableux à silex se situent au contact de la craie, avec toutefois dans la plupart des cas, une frange d'argile de décarbonatation. Il s'agit de formations complexes aux

textures, couleurs et charges en cailloux, toutes trois variables, l'on peut supposer qu'il s'agit d'un complexe de formations. Ces formations sablo-limoneuses et les argiles à silex remaniées, ont été piégées dans les poches de dissolution de la craie; plusieurs niveaux de sédiments et des paléosols ont été repérés dans les poches dont l'évolution la plus importante, aujourd'hui observable remonterait au Pléistocène moyen (SOMME,1977). L'apparition en surface de limons roux à silex peut être interprétée comme des paléosols, ou pédolithes affectés par la pédogenèse actuelle mais ayant conservé un héritage de caractères anciens, notamment les colorations.

5/ Les sols de Mouriez dans le Pays de Montreuil.

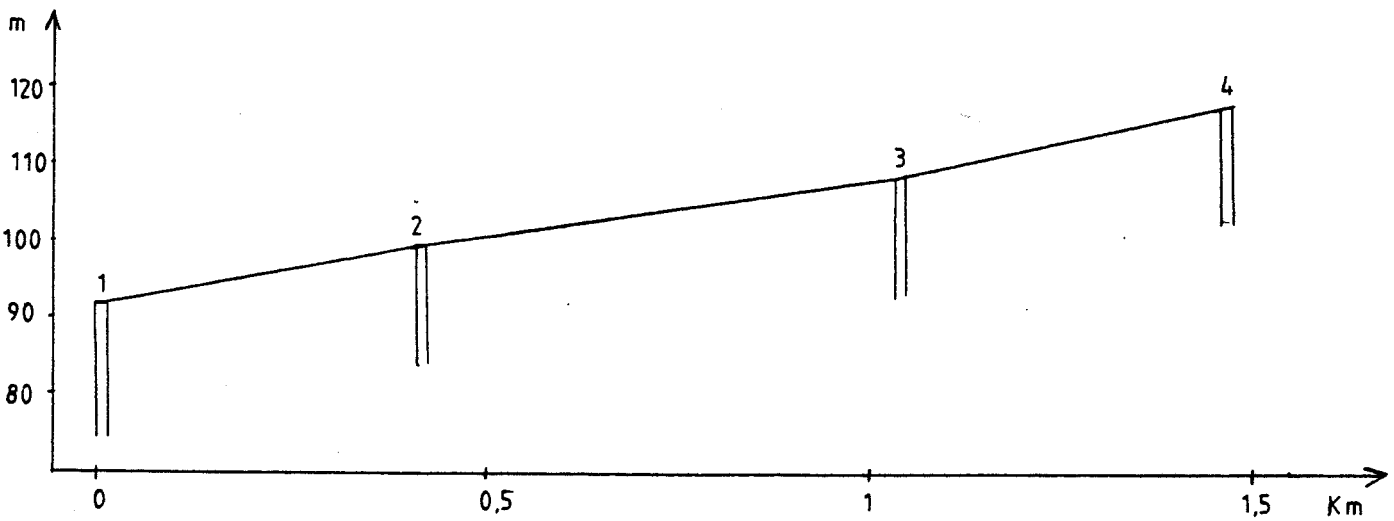
Sur le plateau, entre la Canche et l'Authie, la couverture de limons un peu sableux présente des sols bruns, faiblement lessivés à bruns lessivés. On observe à Mouriez une zone limoneuse où l'on distingue un horizon d'accumulation d'argile, marqué par des revêtements épais de couleur brune, indiquant l'existence selon toute probabilité d'un sol brun lessivé (fig. 78). Compte tenu du recouvrement de limon faiblement argileux, peu différencié, pouvant parfois dépasser l'épaisseur d'un mètre, on peut envisager qu'il s'agit d'un sol plus ancien tronqué par l'érosion et recouvert par un dernier épandage limoneux. Ce sol pourrait éventuellement être rattaché à la période éémienne. Il convient donc de le distinguer comme un sol enterré, mais pouvant évoluer en raison de la genèse actuelle, affectant également les dépôts plus récents le recouvrant.

On remarque que la situation de ce sol, situé à la convexité du versant, correspond à une zone d'altitude élevée en bordure du plateau. Il s'agit d'une zone de moindre couverture. Au delà, vers le centre du plateau, la couverture limoneuse plus épaisse ne permet pas l'observation de ces horizons Bt à partir des sondages à 1,60 m



LEGENDE

- limon
  horizon d'accumulation d'argile
  généralement bien développé
- limon
  horizon d'accumulation d'argile
  souvent moins développé
- limon
  materiau de remplissage
  des dépressions et vallons
- argile à silex subaffleurante



Légende des profils (1 - 2 - 3 - 4)

- limon faiblement argileux
  (sol brun faiblement lessivé)
- limon argileux
  avec des revêtements d'argile (horizon Bt)
  paléosol tronqué
- limon faiblement argileux
- limon sableux avec silex
- argile à silex

Fig. 78 : Les sols de Mouriez (Lambus au Bois, commune de Mouriez, région d'Hesdin. Nord de la France).

Sur ce site de Mouriez on peut encore observer sous les limons brun jaune, les argiles brun rouge à silex reposant sur la craie sous-jacente . Elles constituent des matériaux anciens ayant acquis leur caractère d'altération et de coloration sous des périodes climatiques antérieures, du Quaternaire inférieur ou même de la fin du Tertiaire.

Le site de Mouriez illustre donc bien la nécessité d'adapter dans ces secteurs, pour la reconnaissance des sols, une démarche de type stratigraphique.

6/ Les sols anciens des sommets des Monts de Flandre.

Ces sols ont été étudiés par différents auteurs comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, en rapport avec les formations du Diestien sur lesquelles ils se sont développés.

Des formations anciennes, parfois attribuées au Diestien, mais pouvant appartenir à d'autres périodes ont subi des évolutions comparables d'altération et de développement fréquent de niveaux de grès ferrugineux. Citons les formations sableuses du Haut Boulonnais qui constituent *"un ensemble complexe de remaniements et d'altération à partir d'une couverture éocène encore importante [...] sur les éléments de plateau actuellement conservés, au dessus de 140 - 160 m d'altitude."*(SOMME, 1977)

7/ Les sols de la Thiérache, développés sur des altérites schisteuses.

Ces altérites sont des matériaux d'altération des schistes primaires (Cf carte géologique à 1/50 000 de Trélon, DELATTRE *et al*, 1970), sur lesquels se sont développés des sols bruns hydromorphes. L'observation rapide de sols sur différentes coupes de terrain, lors de chantiers de drainage agricole (secteur de Felleries, lieu-dit Bois de Garde de Willies), a montré que la structure générale de la roche en place était conservée. En effet, on observe des couches

épaisses de 40 à 60 cm de matériaux argileux, séparées par des lits de pierres non altérées provenant de la roche primitive, restées en place.

Deux questions ont retenu notre attention en ce qui concerne la dynamique actuelle de l'eau. Premièrement, les possibilités de circulation de l'eau, favorisant l'assainissement de ces sols, sont limitées par la faible structuration du sol lui-même, et le nombre restreint des fentes de retrait très étroites. Deuxièmement, l'écoulement de l'eau se fait, préférentiellement, suivant le pendage des couches de la roche primitive, alors que dans un sol l'écoulement préférentiel s'effectue verticalement en fonction de la structuration. Des sources et des mouillères se créent ainsi dans les sols, quand la charge d'eau devient suffisante, en fonction d'une différence d'altitude de la surface du sol. S'agissant en l'occurrence de chantiers de drainage agricole par drains enterrés, l'aménagement est complété ensuite par la technique de captage des sources.

L'âge de ces sols prête à discussion. En effet, au niveau lithostratigraphique, ces altérites sont recouvertes généralement par des limons pléistocènes et n'affleurent que rarement. Elles sont plus anciennes que la couverture limoneuse. Cependant le profil de sol n'indique pas la présence d'un paléosol sur les altérites. L'analyse minéralogique des argiles effectuée au Laboratoire de M. CHAMLEY indique une genèse des argiles qui correspondrait à un climat tempéré humide comparable à celui actuel, de la période holocène.

Dans l'état actuel des connaissances, cet exemple illustre encore l'intérêt des démarches lithostratigraphiques et pédostratigraphiques.

CONCLUSION

Ces exemples ont permis de montrer quelques situations de la Région du Nord, principalement dans le Haut Pays où interviennent les paléosols, de la même manière que dans les zones basses nous observons des successions de sols d'âges et d'origines différents.

S'il est certain que l'on ne peut envisager pour l'instant d'établir une chronologie des sols, ce qui serait une aide fondamentale en ce qui concerne la recherche de la répartition des sols, de leurs caractères et de la validité des références acquises au niveau de l'application, il reste toutefois nécessaire de reconnaître l'importance de cette démarche. Actuellement nous ne pouvons faire qu'une démarche de chronologie relative par secteur. La remise en ordre de la succession des événements ayant abouti à la formation des sols permet une cartographie plus facile. Il est donc important face à l'étude du sol d'aborder ces recherches en termes de chronologie. L'étude des caractères pédogénétiques vient compléter ensuite cette démarche.

Cette discussion peut faire l'objet d'autres développements. L'on peut affirmer qu'il existe des dépôts qui correspondent à des surfaces sur lesquelles se sont développés des sols. SOMME (1977) présente les sols comme des repères facilitant l'étude lithostratigraphique.

Il existe donc des caractères initiaux propres aux dépôts, des caractères dus à l'évolution pédogénétiques des matériaux , enfin ceux dus à un changement de processus génétique. Dès lors que ces caractères initiaux subsistent dans un dépôt, il est possible d'en repérer l'extension, à partir de sondages et de coupes régulières selon les besoins de différentes applications.

Ceci renforce l'intérêt de la méthode progressive que nous avons évoquée dans la première partie au chapitre III, p. 70.

CONCLUSION de la 2ème partie

Les exemples que nous avons présentés dans le 2ème partie ont permis d'illustrer différents aspects de la connaissance des sols.

Les sols de la région ne peuvent être inventoriés en se rapportant seulement à des notions de la pédologie, mais aussi à des notions de géologie des formations superficielles et de géomorphologie.

L'observation de successions de sols dans l'espace et dans le temps nous a conduit à traiter des héritages et de la chronologie des sols.

Au delà de la reconnaissance des dépôts et des principaux horizons qui peuvent être abordés à partir de la méthode progressive, l'étude des processus pédogénétiques reste nécessaire pour indiquer la signification d'un certain nombre de caractères du sol, ainsi que leur développement ou leur disparition.

Il apparait également que les conditions climatiques actuelles, peu agressives n'ont pas entraîné, dans de nombreux cas, de modification importante des caractères acquis des dépôts et des sols antérieurs. De même, d'autres caractères anciens ont pu subsister, témoignant de la présence de nombreux paléosols piégés ou interférant avec les sols actuels.

Par la résolution d'un certain nombre de problèmes théoriques, ces exemples permettent de faciliter l'élaboration de modèles de réflexions utiles pour la gestion et la mise en place d'études appliquées concernant différentes techniques, ce que nous allons présenter dans la 3ème partie.

BIBLIOTHEQUE INTERUNIVERSITAIRE
SECTION DE SCIENCES
LILLE