

50374
2004
13

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE DE LILLE
Faculté des Sciences Economiques et Sociales

N° d'ordre : 3562



**LE DÉVELOPPEMENT CONTEMPORAIN
DE LA FLEXIBILITÉ
DU TRAVAIL ET DE L'EMPLOI**

Une interprétation analytique d'une énigme historique

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN SCIENCES ÉCONOMIQUES

présentée et soutenue publiquement par

Virginie DELSART

le 16 décembre 2004

sous la direction de

Monsieur le Professeur Nicolas VANEECLOO

Jury :

Jean-Louis CAYATTE, professeur à l'Université de Paris XII – Val de Marne,
Gilbert CETTE, professeur associé à l'Université d'Aix-Marseille II,
Yannick L'HORTY, professeur à l'Université d'Evry – Val d'Essonne,
Daniel SZPIRO, professeur à l'Université de Lille 1,
Nicolas VANEECLOO, professeur à l'Université de Lille 1.

La Faculté de sciences économiques et sociales de Lille 1 n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

Ecrire une thèse soumet son auteur à beaucoup d'aléas auxquels il doit être capable de s'adapter : son humeur, sa confiance sont sujets à des variations se produisant à un rythme qui n'est pas toujours prévisible. Aux moments d'euphorie dans les avancées succèdent les moments de doute... Le besoin de discuter, d'être orienté ou conforté dans ses choix est alors récurrent.

Je souhaite exprimer ici ma profonde gratitude au Professeur Nicolas Vaneecloo qui a su faire preuve d'une très grande flexibilité : même dans les périodes de haute activité, mes demandes de conseils et d'aides n'ont jamais été rationnées et elles n'ont été que très rarement reportées.

Ce travail lui doit beaucoup...

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	7
-----------------------------	---

PREMIERE PARTIE

FLEXIBILITE D'ENTREPRISE, BESOIN ET CHOIX D'ADAPTATION DE COURT TERME

Introduction de la première partie.....	14
Chapitre 1 : La flexibilité d'entreprise	15
Chapitre 2 : Le besoin d'adaptation de court terme des firmes.	45
Chapitre 3 : Le choix d'adaptation de court terme des firmes,...	90
Conclusion de la première partie.....	126

DEUXIEME PARTIE

UNE INTERPRETATION ANALYTIQUE DU DEVELOPPEMENT DE LA FLEXIBILITE DU TRAVAIL ET DE L'EMPLOI

Introduction de la deuxième partie.....	129
Chapitre 4 : La firme et son environnement : une modélisation	133
Chapitre 5 : Choix stratégique des firmes en environnement certain	167
Chapitre 6 : Choix stratégique des firmes en environnement incertain	268
Conclusion de la deuxième partie.....	309

CONCLUSION GENERALE	313
ANNEXES	320
BIBLIOGRAPHIE	352
TABLE DES TABLEAUX	370
TABLE DES GRAPHIQUES	373
TABLE DES ENCADRES	379
TABLE DES MATIERES	380

INTRODUCTION GENERALE

Au milieu des années 1970 apparaît subitement dans la littérature économique et gestionnaire un nouveau mot : celui de flexibilité.

Le concept envahira en peu de temps tous les compartiments de l'analyse économique dans une littérature foisonnante, mêlant les éléments de description (ce qui est flexible et ce qui ne l'est pas) aux éléments de prescription (ce qui n'est pas flexible mais qui devrait le devenir).

Car le concept ne charrie à l'évidence que des connotations positives : la flexibilité c'est la victoire du roseau sur le chêne, celle de l'esprit sur la force, celle de la souplesse sur l'arthrose qui menace individus, organisations et sociétés.

Dans les années 1980, tout ainsi devait être flexible : les marchés, les prix, les changes, les firmes, les organisations, les équipements, les ateliers, les travailleurs, le travail, les salaires, l'emploi....

Toutes proportions gardées, le succès du mot rappelle celui du concept de structures dans les années 1960. Tout n'était alors ou ne devait être que structure.

Encore y a-t-il une différence notable : la notion de structure devait permettre de dévoiler et de comprendre la "réalité". La flexibilité représente plutôt la manière soi disant optimale de se comporter face à cette réalité.

Dans le domaine particulier qu'est l'économie de la firme, la flexibilité peut être ainsi définie comme l'art de s'adapter au mieux aux variations de son environnement.

A dire vrai, c'est précisément cet art d'adaptation des firmes qui a fait couler le plus d'encre dans les années 1980.

Le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi : une énigme

Touchant tout particulièrement l'adaptation à court terme des firmes à des fluctuations d'environnement infra-annuelles, qui est le sujet de cette thèse, s'est progressivement imposée au cours de cette décennie 1980, l'idée que la meilleure manière de s'adapter (l'art d'être flexible) c'était d'utiliser principalement la flexibilité du travail et de l'emploi (cette fois c'est le registre descriptif du mot flexibilité qui est sollicité).

Ce consensus, ou du moins, cette dominance sont en eux-mêmes une énigme.

Pourquoi cette manière de s'adapter à des variations infra-annuelles d'environnement serait-elle préférable ? Pourquoi cette tardive découverte ? S'agirait-il d'une nouvelle solution à un vieux problème ou le problème est-il nouveau ? Et qu'en est-il en réalité ? La prescription nouvelle des experts de gestion accompagne-t-elle un changement perceptible dans la manière de s'adapter des entreprises ?

La réponse à cette dernière question semble évidente.

On ne peut en effet nier le développement des formes flexibles d'emploi en Europe. Pour ne prendre que l'exemple de la France, la part des heures supplémentaires dans la durée hebdomadaire habituelle a augmenté de 70% de 1983 à 1995¹. La part des salariés à temps partiel dans l'emploi salarié a quadruplé depuis trente ans. La part des formes particulières d'emplois (part des CDD, de l'intérim et des stages) dans l'emploi salarié a, quant à elle, triplée.

Doit-on pour autant désigner le besoin d'adaptation de court terme des firmes comme le principal "responsable" de ce phénomène ?

Ce développement pourrait tout à fait trouver son explication ailleurs : dans le changement structurel de l'économie qui s'est produit au cours de ces trois dernières décennies (la tertiarisation) ou dans l'application d'un principe de précaution en matière d'embauche (utilisation des CDD comme "période

¹ Cette part reste, il est vrai, à un niveau très modéré puisqu'elle n'excède pas 2%.

d'essai" ou comme un volant de main d'œuvre "licenciable" en cas de retournement de conjoncture).

En réalité, et nous le montrerons, ce développement des formes flexibles d'emploi Europe s'est accompagné d'autres changements qui établissent assez nettement que le développement des formes flexibles d'emploi trouve son explication du côté de l'adaptation à des variations infra-annuelles de demande. Il semble donc bien qu'il y ait eu, de ce point de vue, un changement de comportement des firmes dans les deux dernières décennies du vingtième siècle.

Pourquoi les entreprises ont-elles ainsi tout-à-coup utilisé la flexibilité du travail et de l'emploi pour s'adapter à des fluctuations infra-annuelles d'environnement (et particulièrement à des fluctuations de demande) ? La question nous paraît insuffisamment affrontée.

Les interprétations du développement de la flexibilité du travail et de l'emploi

Certes de nombreuses analyses montrent le parallélisme de la croissance de l'utilisation des formes flexibles d'emploi et de l'assouplissement de la législation du travail. Mais cet assouplissement est-il la cause de l'évolution ou simplement la conséquence du nouveau contexte dans lequel opèrent les firmes ?

Lorsqu'on s'intéresse justement à ce contexte, il semble que l'on rencontre principalement deux types d'explications.

Il y a tout d'abord ceux qui semblent penser que les firmes affronteraient des fluctuations d'environnement, sinon nouvelles, du moins renouvelées : les fluctuations de demande seraient devenues à la fois plus amples et plus aléatoires.

Dans ce nouveau contexte, les réponses optimales des entreprises ne pourraient être les mêmes et la flexibilité du travail et de l'emploi serait devenue une nécessité, heureusement accompagnée par une évolution de la législation.

A l'opposé, on rangera ceux qui attribuent l'essentiel du changement à la montée du chômage au cours de la période. A cette montée serait associée, outre une évidente facilité à trouver sur le marché une main d'œuvre

employable à temps limité, une diminution du pouvoir de négociation des salariés. Celui-ci aurait permis aux entreprises de repousser les digues élevées, au cours de deux siècles de luttes, à une gestion flexible de l'emploi.

Les deux interprétations sont, on le voit, tranchées. Mais elles peuvent toutes deux être pertinentes.

Pour les départager, nous nous appuyerons sur une analyse du choix de l'entreprise car c'est au niveau de l'entreprise que tout se détermine. C'est elle qui fait le choix d'utiliser plutôt telle stratégie ou plutôt telle autre.

Le chemin que nous emprunterons pour éclairer ces questions sera basé sur l'hypothèse classique que les stratégies d'adaptation mises en œuvre reposent sur un choix rationnel des firmes. Nous construirons, sur cette base, une théorie du choix d'adaptation de la firme qui nous permettra de définir les déterminants du choix d'une firme soumise à des variations infra-annuelles de demande.

Nous serons alors en mesure d'isoler les conditions favorables au développement de la flexibilité du travail et de l'emploi et de donner une interprétation aux changements observés.

Les étapes de la démarche

Notre thèse se décomposera en deux parties : la première partie aura pour objectif de présenter la flexibilité d'entreprise, d'étudier le besoin d'adaptation de court terme des entreprises et le déplacement de leur choix vers la flexibilité du travail et de l'emploi. Cette première partie nous conduira ainsi pas à pas vers l'énigme à laquelle cette thèse cherche une réponse.

Dans le premier chapitre, nous montrons tout d'abord, en nous appuyant sur une étude bibliométrique, l'apparition soudaine du thème de la flexibilité dans la littérature économique-gestionnaire et son développement particulier en gestion des ressources humaines. Nous clarifierons alors les différentes notions de "flexibilité" en les référant au besoin d'adaptation qui la suscite. Dans le deuxième chapitre, nous chercherons, à partir d'une étude sur données d'entreprises, à mesurer le besoin infra-annuel d'adaptation des firmes : l'ampleur des changements subis, leur fréquence, ainsi que leur degré de prévisibilité. Enfin, dans le troisième chapitre nous étudierons le choix d'adaptation des firmes. Nous montrerons, sur la base de données

macroéconomiques, le déplacement net du choix des firmes au cours de ces trois dernières décennies vers une utilisation plus accrue de la flexibilité du travail et de l'emploi au détriment des autres modalités d'adaptation traduisant ainsi un changement de comportement des firmes en matière d'adaptation aux variations infra-annuelles de demande qu'elles subissent.

L'observation de ces différents phénomènes qui se sont produits conjointement permettra ainsi de poser l'énigme à laquelle nous tenterons de répondre dans la deuxième partie de cette thèse : pourquoi les entreprises ont-elles modifié la manière dont elles s'adaptent aux variations infra-annuelles de demande ?

Nous consacrerons la deuxième partie de notre thèse à tenter une interprétation des changements ainsi observés dans le choix d'adaptation des firmes.

Partant de l'analyse du choix stratégique optimal d'une firme soumise à des fluctuations infra-annuelles de demande, dont la présentation fera l'objet du quatrième chapitre, nous étudierons les déterminants de son choix en terme d'effectif, de production, de commercialisation. Comme les modalités d'adaptation et leur coût de mise en œuvre sont en partie différents selon que les variations sont prévisibles ou imprévisibles, nous étudierons les déterminants du choix de la firme dans le cas où les fluctuations de demande sont parfaitement prévisibles (chapitre 5), puis dans le cas où elles sont totalement imprévisibles (chapitre 6) afin de mettre en évidence les éventuels différences de déterminants dans le choix de la firme.

Ceci fait, nous serons alors en mesure de proposer notre interprétation de l'énigme.

PREMIERE PARTIE

**FLEXIBILITE D'ENTREPRISE,
BESOIN ET CHOIX D'ADAPTATION DE COURT TERME**

INTRODUCTION

La première partie de cette thèse, composée de trois chapitres, est destinée à poser l'énigme que la deuxième partie cherchera à résoudre.

Dans le premier chapitre, nous chercherons, dans un premier temps, à dater l'apparition de ce thème dans la littérature économique-gestionnaire et à le positionner dans les différents domaines de recherche de ces disciplines. Dans un deuxième temps, nous chercherons à clarifier le concept de flexibilité souvent présenté par la littérature foisonnante comme complexe. La flexibilité faisant référence à la capacité d'adaptation de la firme aux variations d'environnement qu'elle subit, nous présenterons et classerons alors les "sources" du besoin de flexibilité et analyserons les modalités permettant à la firme de s'y adapter.

Nous nous focaliserons alors sur le besoin infra-annuel de flexibilité des firmes – qui touche d'ailleurs le thème le plus développé dans la littérature : celui de la flexibilité de la gestion de l'emploi – et les modalités d'adaptation s'y référant.

Nous chercherons, dans le deuxième chapitre, à quantifier le "besoin infra-annuel de flexibilité". Quelle est l'ampleur des variations auxquelles les firmes doivent s'adapter ? Ces variations sont-elles prévisibles ? Certaines firmes sont-elles plus touchées que d'autres ?

Ce besoin d'adaptation une fois établi et mesuré, nous étudierons alors, dans le troisième chapitre, les modalités d'adaptation mises en œuvre par les firmes au cours de ces trente dernières années. Nous montrerons que le développement des formes flexibles d'emploi, très net en France et plus largement en Europe pendant cette période, traduit un changement de comportement des firmes en matière d'adaptation aux variations infra-annuelles d'environnement qu'elles subissent.

CHAPITRE 1

LA FLEXIBILITE D'ENTREPRISE

Le mot flexibilité fait partie de nos jours du langage courant de l'économiste et du gestionnaire. Tel n'a pas toujours été le cas.

Certes, on date l'apparition de ce concept à la contribution de Stigler de 1939² dans laquelle il applique ce concept au problème du choix de l'équipement productif d'une firme lorsqu'elle doit faire face à des fluctuations de demande. Une firme est flexible, selon lui, si elle arrive à limiter les variations du coût unitaire de production lorsque le niveau de production varie.

Mais la notion de flexibilité au sens de Stigler ne touche qu'un point particulier du domaine qu'elle englobe. Beaucoup d'auteurs s'accordent à dire que la flexibilité est un concept multidimensionnel, multiforme et complexe³. Outre que le concept tend à déborder le domaine de l'économie et de la gestion, ses champs d'application à l'intérieur de ce domaine restent divers et le concept apparaît polysémique.

Dans ce premier chapitre, nous nous proposons, d'abord, d'éclaircir les notions et de poser des jalons. Quels sont les domaines dans lesquels la recherche sur la flexibilité est particulièrement développée ? Quelles questions se pose-t-on sur ce thème ? Ces préoccupations ont-elles toujours été les mêmes et ont-elles toujours eu la même intensité ?

Un bon moyen de répondre à ces questions est d'analyser l'intérêt que portent les chercheurs au thème de la flexibilité à travers le nombre d'articles qu'ils lui consacrent et une méthode assez simple d'y parvenir consiste à étudier une base de données bibliographique informatisée. Cette étude bibliométrique, qui ne permet certes pas de "comprendre" le thème étudié, permet de circonscrire

² "Production and distribution in the short run", *the journal of political economy*, vol.47 n°3.

³ Notamment : Sethi et Sethi (1990), Upton (1995), Suarez et al. (1995), De Toni et Tonchia (1998), Tarondeau (1999), Beach et al. (2000), Chang et al. (2003), Zhang et al. (2003), El Akremi et al. (2004).

l'étendue des domaines concernés, de mesurer le poids accordé à ce thème et surtout de décrire de manière synthétique, au travers de quelques indicateurs, l'évolution de ces poids et domaines.

Ce tableau quantitatif brossé, nous pourrions alors nous livrer à une analyse qualitative. Nous tenterons de classer les différents concepts de flexibilité produits par une littérature souvent foisonnante et positionnerons notre propre approche dans cette littérature.

1. DEVELOPPEMENT DU THEME DE LA FLEXIBILITE

Il existe un certain nombre de bases de données bibliographiques. Trois d'entre elles se focalisent essentiellement sur les domaines de l'économie et de la gestion : delphes, econlit et abi/inform.

Parmi ces trois bases, si econlit est la plus réputée, elle ne permet malheureusement pas d'effectuer de statistiques car elle n'affiche pas le nombre d'articles correspondant à la recherche effectuée. Quant à delphes, elle ne couvre pas une période d'étude assez large pour montrer un quelconque développement du thème. Nous avons donc réalisé notre étude bibliométrique à partir de la base de données bibliographique abi/inform qui référence les articles de plus de 1600 revues anglophones dont 350 européennes publiées sur les cinq continents du premier janvier 1971⁴ à nos jours. Si cette base n'est pas la plus réputée, elle reste néanmoins une des plus grandes banques de périodiques électroniques au monde et contient les articles des revues de qualité. Parmi ces revues, on trouve 48 des 71 classées par le CNRS en 2003 comme revues d'excellence ou de qualité exceptionnelle en économie et en gestion et, parmi les domaines susceptibles de nous intéresser concernant la flexibilité⁵, seule une revue sur les 26 n'est pas présente dans cette base. Nous avons restreint notre analyse aux articles révisés, modifiés et validés par des spécialistes reconnus des domaines concernés⁶. Au 20 mai 2004, date à

⁴ La base Abi/inform référence des articles avant cette date (le premier date de 1832). Ils ne sont cependant pas très nombreux et ne peuvent pas être classés par thème. C'est la raison pour laquelle nous ne nous intéresserons aux publications sur le thème de la flexibilité qu'à partir de 1971.

⁵ revues généralistes, en organisation industrielle, sur l'emploi et les ressources humaines, en marketing et en stratégie management et systèmes d'information

⁶ intitulés dans la base abi/inform "peer reviewed"

laquelle nous avons réalisé cette étude, la base de données référençait ainsi 593 666 articles de ce type.

1.1. La flexibilité dans les différents domaines de recherche

La base de données abi/inform se décompose en six thèmes⁷ :

- *L'environnement économique* (29%) comprenant les articles qui touchent à la théorie et aux prévisions économiques, aux politiques économiques et sociales, au commerce international, à l'énergie et l'environnement
- *L'administration générale* (21.5%) regroupant les articles sur le personnel administratif, les structures organisationnelles, les stratégies comme les fusions acquisitions ainsi que les relations publiques.
- *La finance* (6%) : gestion des capitaux, des créances, des risques, analyses de placements....
- *La comptabilité et le droit fiscal* (9.5%) comprenant les articles traitant des règles comptables, du contrôle, de la réglementation, de la législation, de la fiscalité...
- *Les opérations* (18.5%) regroupant principalement les articles de gestion : gestion des infrastructures (sécurité, maintenance, trans-port...), des communications et de l'information (matériel, logiciels...) et de la production (planification, gestion des stocks...) ainsi que la recherche développement
- *La gestion des ressources humaines* (8%) est un thème à part entière dans cette base. Elle regroupe les articles sur la planification des ressources humaines, la formation, les relations de travail, les problèmes des employés et les salaires.
- Et *le marketing* (7.5%) qui regroupe les articles sur la publicité, le commerce et la vente, la distribution et le développement de produits.

Un thème principalement économique et gestionnaire

Sur les 593 666 articles révisés, 1095 ont pour thème la flexibilité. La répartition de ces articles dans les différents domaines de recherche (tableau 1.1) montre que ce thème est présent dans toutes les rubriques. Ce constat ne

⁷ L'indexation des articles est faite à partir d'un système de classification numérique automatique. Chaque article est indexé par 20 mots clefs environ (thème de l'article, auteur, zone géographique concernée...). Le système reconnaît plus de 8000 termes permettant une recherche facile.

semble pas si étonnant si l'on prend la flexibilité au sens littéral du terme comme la qualité de ce qui est susceptible de s'adapter aux circonstances⁸. Ainsi, presque tout peut être qualifié de flexible : la législation peut être flexible, les structures organisationnelles, les politiques économiques et sociales...

Tableau 1.1.
Répartition des articles sur le thème de la flexibilité dans les différents domaines

Domaine	Part
Environnement économique	22.4%
Administration générale	27%
Finance	4.1%
Comptabilité/droit fiscal	3.7%
Opérations	21.6%
Gestion des RH	16.7%
Marketing	4.4%

Lecture : 22.4% des articles publiés sur le thème de la flexibilité se classent dans le domaine "environnement économique"

Rapprochés du tableau précédent qui donne la répartition de l'ensemble des articles recensés par domaine, ces chiffres permettent d'identifier les domaines d'élection du concept de flexibilité i.e. ceux dans lesquels l'occurrence du concept est renforcée.

Tableau 1.2.
Multiplicateurs de la probabilité d'apparition du concept de flexibilité selon le domaine (par rapport à la moyenne)

Domaine	multiplicateur
Gestion des RH	2.08
Administration générale	1.25
Opérations	1.17
Environnement économique	0.77
Finance	0.68
Marketing	0.58
Comptabilité/droit fiscal	0.37

⁸ définition du dictionnaire

Trois domaines dominant ainsi : "gestion des ressources humaines", "administration générale" et "opérations". La position médiane du domaine "environnement économique" s'explique par le caractère général de la rubrique.

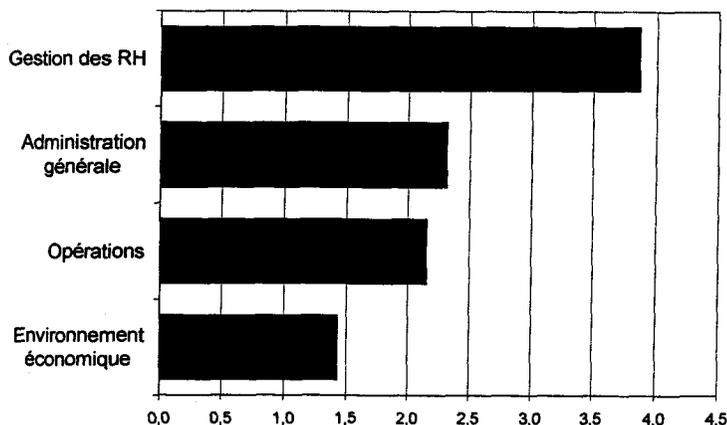
Axé sur l'organisation, la planification et la gestion d'entreprise

Si l'on regarde plus en détail les sous-domaines de recherche concernés par le thème de la flexibilité (hormis les articles d'environnement économique qui sont pour 68% des articles de théorie économique), on remarque qu'ils concernent presque toujours l'organisation, la gestion et la planification des entreprises. Ainsi, dans le domaine "administration générale", 99% des articles publiés sur le thème de la flexibilité sont classés dans les sous-domaines de la planification et des stratégies (38%), des comportements organisationnels (31%) et dans les sciences de gestion et la recherche opérationnelle (30%). S'agissant du domaine "opérations", c'est en gestion de production que les 2/3 des articles sur la flexibilité se classent et même principalement en planification et contrôle de production (53%). Enfin, en gestion des ressources humaines, la moitié des articles sur le thème de la flexibilité concerne la planification des ressources humaines.

L'intérêt porté au thème de la flexibilité semble ainsi beaucoup plus ciblé que l'on aurait pu le croire : la notion est principalement utilisée dans des articles centrés sur des problèmes d'organisation d'entreprise et particulièrement sur la stratégie à adopter en matière de gestion et de planification de la production et des effectifs.

Les conséquences générales que peuvent avoir ces choix sur le fonctionnement économique expliquent la relative fréquence d'apparition du concept de flexibilité dans les articles classés sous la rubrique "environnement économique. Dans les autres domaines, la notion, même présente, est extrêmement peu fréquente.

Graphique 1.1.
Nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1 000 articles publiés selon le domaine de recherche



Lecture : sur 1000 articles publiés en gestion des ressources humaines, 3.9 ont pour thème la flexibilité

Cependant, nous travaillons ici en statique en travaillant sur l'ensemble de la période d'étude (1971-2004). Rien ne nous dit que l'intérêt pour la question de la flexibilité soit constant sur cette période. Il nous faut donc, à présent, étudier l'évolution du thème à travers l'évolution du nombre de publications qu'elle a suscité. Nous serons alors en mesure de répondre aux questions suivantes : A partir de quand commence-t-on à s'intéresser à la flexibilité en économie et en gestion ? Les chercheurs ont-ils toujours porté le même intérêt au thème ? Est-ce un thème révolu ou au contraire en pleine expansion ?

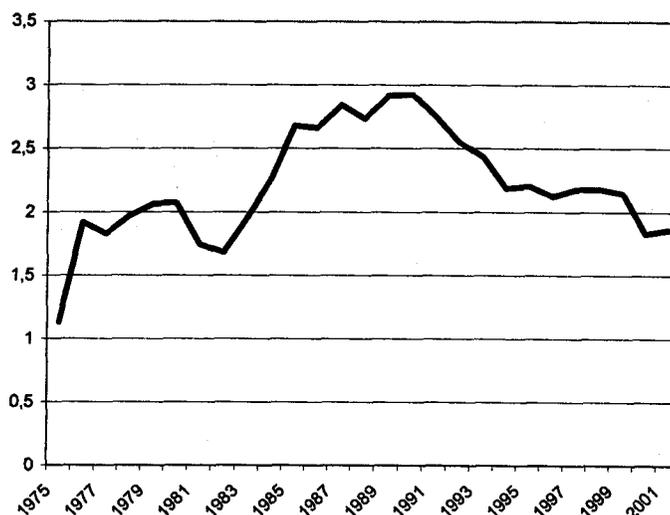
1.2. Evolution du thème

Avant 1973, aucun article sur le thème de la flexibilité n'est référencé dans la base Abi/inform⁹. Le premier domaine dans lequel la flexibilité fait son apparition dans la base abi/inform en 1973 est "administration générale" et plus particulièrement en stratégie et planification. En 1974, apparaît le premier article de théorie économique sur le thème de la flexibilité et il faudra attendre

⁹ ceci montre une certaine imperfection du classement opéré puisque les bibliographies d'ouvrages concernés par cette question renvoient à des articles antérieurs à 1973 (ne serait-ce que l'article de Stigler de 1939). Mais, si la notion de flexibilité est présente dans ces articles, gageons que le concept n'y est pas promu en première ligne, d'où l'absence de référencement du mot.

1978 pour que les premiers articles apparaissent dans les deux autres domaines (opérations et gestion des RH).

Graphique 1.2.
Evolution du nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1 000 articles publiés de 1975 à nos jours¹⁰



S'il l'on regarde l'évolution du nombre d'articles sur le thème de la flexibilité dans les quatre domaines de prédilection déjà repérés (graphique 1.2), le développement du thème semble s'être fait en plusieurs phases. On observe tout d'abord une croissance du nombre d'articles publiés jusque 1976, puis une relative stagnation autour de 2‰ articles entre 1976 et 1982. Le développement du thème reprend alors jusque 1985 pour atteindre un deuxième palier (2.75‰ articles sur le thème de la flexibilité). Puis depuis 1990, le nombre de publications sur la flexibilité ne cesse de décroître et retrouve, de nos jours, le niveau qu'il connaissait dans la deuxième partie des années 1970.

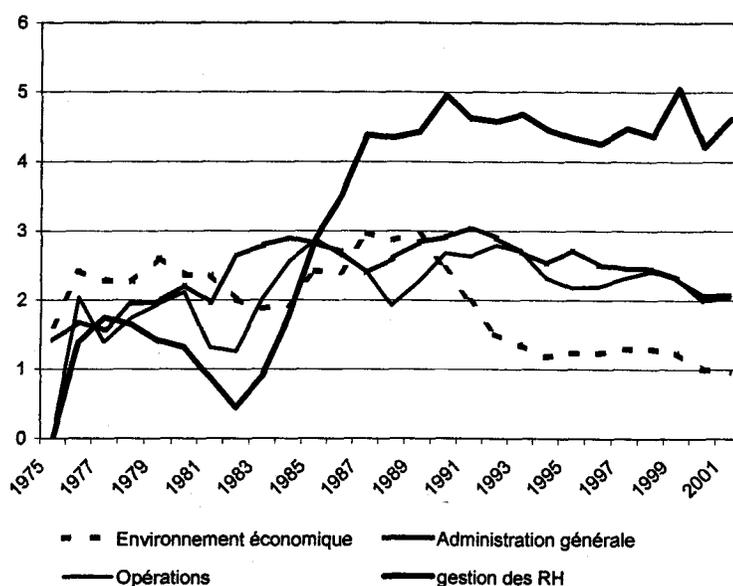
Après avoir suscité un intérêt tout particulier de 1985 à 1990, le thème de la flexibilité semble depuis en plein déclin. Le concept ne serait-il qu'un effet de mode ? Les entreprises auraient-elles en partie résolu leurs problèmes d'organisation de sorte que la recherche sur ce thème présenterait de moins en moins d'intérêt ?

¹⁰ publiés dans les domaines "environnement économique", "administration générale", "opérations" et "gestion des RH". Nous avons réalisé ici une moyenne mobile d'ordre 5 pour lisser la série et n'en faire ressortir que la tendance.

Il n'en est apparemment rien. Le fléchissement observé en moyenne sur les quatre domaines n'est en effet nullement général.

Le seul domaine qui connaît un net déclin en terme de publications sur le thème de la flexibilité depuis 1989 est celui de la théorie économique comme le montre le graphique 1.3.

Graphique 1.3
Evolution du nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1 000 articles publiés de 1975 à nos jours par domaine de recherche¹¹



Le nombre de publications sur le thème de la flexibilité dans les domaines "opérations" et "administration générale" évolue conjointement et semble rester stable depuis 1984-1985. Peut-être existe-t-il une légère tendance à la baisse du nombre de publications depuis 1993, mais elle est vraiment minime.

L'évolution à noter est celle qui s'est produit dans le domaine de la gestion des ressources humaines. Si le thème de la flexibilité a connu un début plus chaotique dans ce domaine, après un faux départ dans la fin des années 1970, le nombre d'articles publiés sur ce thème connaît une croissance remarquable

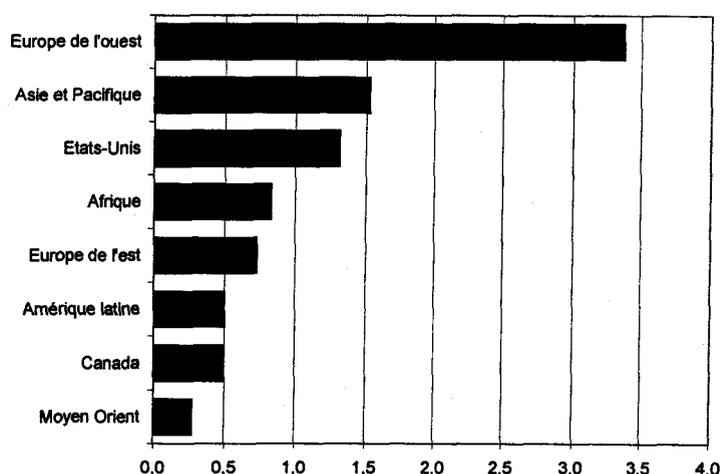
¹¹ Nous avons réalisé ici une moyenne mobile d'ordre 5 pour lisser les séries et n'en faire ressortir que les tendances.

entre 1982 et 1987 (d'à peine 0.5‰ articles, elle passe à près de 4.5‰ articles) et fait preuve depuis d'une assez grande stabilité.

Un thème particulièrement développé en Europe de l'ouest

De même qu'il n'apparaît pas constant dans le temps, le thème de la flexibilité ne suscite pas le même intérêt dans toutes les régions du monde. Avec 3.4‰ articles publiés sur ce thème, l'Europe de l'ouest¹² se détache nettement.

Graphique 1.4
Nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1 000 articles publiés dans les 4 domaines selon la région du monde



Lecture : sur 1000 articles publiés sur l'Europe de l'ouest, 3.4 ont pour thème la flexibilité

Il est difficile d'analyser l'évolution de ces taux par zone au cours du temps. On travaille en effet sur de beaucoup plus faibles nombres et les évolutions deviennent quelque peu chaotiques. Il reste que les profils temporels semblent peu différents.

Par contre, l'opposition entre les différentes zones se confirme lorsqu'on décompose la statistique par thème.

¹² Incluant le Royaume-Uni

Tableau 1.3.
Nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1 000 articles publiés
selon la région du monde et le domaine

	<i>Env.Eco.</i>	<i>Adm. Générale</i>	<i>Organisations</i>	<i>Gestion des RH</i>	<i>Total</i>
Europe Ouest	1,73	3,33	2,77	6,51	3,37
EU	0,73	1,64	1,28	1,49	1,31
Total	1,43	2,31	2,15	3,86	2,1

Ce qui différencie le plus les pays de l'Europe de l'ouest des Etats-Unis est l'accent porté sur le problème de la flexibilité dans le domaine des ressources humaines.

Au terme de cette étude bibliométrique, une question apparaît avec évidence. Elle touche au développement inexplicé de ce thème dans la littérature économique-gestionnaire. Pourquoi ne commence-t-il qu'à partir du milieu des années 1970 et principalement en Europe de l'ouest ? Les entreprises n'avaient-elles pas besoin de flexibilité jusqu'alors ? Qu'est-ce qui a, dans ce cas, déclenché ce besoin soudain ? Si non, pourquoi ne parle-t-on de flexibilité que depuis le milieu des années 1970 ? Et pourquoi depuis 1982 les questions se sont-elles principalement axées sur la gestion des ressources humaines ? Nous garderons ces questions pour le moment en suspens car il convient auparavant de s'interroger sur le contenu de la notion.

Comme on l'a vu, la recherche sur la flexibilité porte d'abord sur des problématiques d'entreprise autour de questions ciblées sur la stratégie, la planification, la gestion de production et des ressources humaines. Si depuis 1985, les questions se posent principalement en terme de gestion de la main-d'œuvre, les problèmes de stratégies, de planification et de gestion de production ne semblent pas réglés pour autant. "La flexibilité est souvent présentée comme une nécessité pour les entreprises" (Everaere, 1999). Il n'est pas rare de lire que c'est "une condition pour le succès et même pour la survie de l'entreprise" (Blanco, 1999).

Qu'est-ce donc que cette flexibilité d'entreprise ? Quels problèmes est-elle censée régler et comment ? C'est à ces questions que nous tenterons d'apporter une réponse dans notre deuxième point.

2. SOURCES ET MODALITES DE LA FLEXIBILITE D'ENTREPRISE

Il existe de nombreuses définitions de la flexibilité. Elles font néanmoins toutes références à la capacité d'adaptation des firmes à des variations de leur environnement économique.

Deux questions se posent alors : à quelles variations d'environnement doivent faire face les entreprises ? Quels sont les moyens à leur disposition pour s'adapter à ces variations ?

La flexibilité fait ainsi référence à deux réalités : la nature du besoin qui la suscite et le choix de modalités d'adaptation particulières. Il existe certes un lien entre ces deux aspects - chaque variation d'environnement ouvre des possibilités différentes en matière d'adaptation - mais à chacune de ces questions correspond une réalité particulière de la flexibilité.

La plupart des auteurs n'abordent le plus souvent qu'une de ces réalités particulières de la flexibilité. Soit ils se focalisent sur un changement dans le choix d'adaptation des firmes et cherchent les variations d'environnement qui peuvent être à l'origine de ce changement. Le passage d'une organisation taylorienne et fordienne à "l'usine flexible"¹³, pour ne citer qu'un exemple, est ainsi largement présenté comme la résultante de la "crise" du milieu des années 1970¹⁴ qui a entraîné "un nouveau type radicalement différent de concurrence entre firmes" (Cohendet et Llerena, 1999), plus seulement sur les prix mais également sur les délais. Les firmes, face à ces variations de leur environnement, ont du changer leur manière de s'adapter pour atteindre l'objectif de "la satisfaction rapide (0-délai), complète (0-défaut) et personnalisée (produit sur mesure) du consommateur" (Stankiewicz, 1999).

Soit ils se focalisent sur un choix d'adaptation précis - comme si c'était le seul possible ou du moins comme si les différents moyens d'adaptation que choisissait la firme ne s'influençaient pas et pouvaient ainsi être analysés séparément - et expliquent l'intérêt de ce moyen pour répondre à différents besoins d'adaptation. On observe ainsi une opposition flagrante entre d'un côté la flexibilité du travail et de l'emploi et de l'autre la flexibilité manufacturière.

¹³ terme repris à R. Boyer (1987)

¹⁴ Boyer (1987), Stankiewicz (1999), Cohendet et Llerena (1999)

Chacun de ces deux moyens d'adaptation a sa propre littérature et rares sont les auteurs à faire un lien entre eux¹⁵.

Ainsi, la flexibilité est souvent présentée dans un contexte particulier et/ou sous un certain aspect de sorte qu'il est difficile de s'en faire une vision globale. Nous essaierons ici de présenter "la" flexibilité d'entreprise en identifiant clairement chacune des deux réalités qui la composent.

2.1. Les sources du "besoin de flexibilité"

Le besoin d'adaptation d'une firme fait référence aux variations d'environnement que *la firme subit* et auxquelles elle doit s'adapter. Par variations, nous entendons tout ce qui – non décidé par la firme – est susceptible de modifier sa trajectoire de production ou de vente, même temporairement.

Il existe ainsi une multitude de variations d'environnement que l'on peut distinguer selon leur origine, leur nature, leur récurrence, leur ampleur, leur imprévisibilité et leur durabilité. La flexibilité pour une firme étant de s'adapter au plus près à ces variations et le plus rapidement possible, leurs caractéristiques déterminent ainsi le besoin d'adaptation de la firme. A une variation d'environnement temporaire correspondra un besoin d'adaptation temporaire, à une variation durable, un changement durable, à une variation récurrente, un besoin récurrent, à une variation imprévisible, un besoin imprévu etc....

Nous appelons une variation "temporaire" s'il y a un retour "à la normale" dans l'année i.e. si la production ou la commercialisation s'est juste écartée temporairement de sa trajectoire initiale. Elle devient durable si aucun retour à l'état initial ne s'en suit, toutes autres choses égales par ailleurs, au cours de l'année et irréversible si ce retour "à la normale" ne se produit jamais.

¹⁵ On peut tout de même citer Sethi et Sethi (1990), Rubinstein (1996), Donnadiou (1999), ou Zhang et al. (2003) qui font un lien entre ces deux approches dans les taxonomies de la flexibilité qu'ils présentent même si ces dernières sont axées sur l'une d'elles en particulier.

2.1.1. Variations d'environnement temporaires

La majeure partie des variations d'environnement sont temporaires. Elles proviennent généralement d'un changement de la demande émanant des consommateurs et touchent ainsi le programme de commercialisation de la firme. Parmi ces variations, la plupart sont certaines – la firme sait exactement quand elles se produiront et l'impact qu'elles auront sur les ventes – ou incertaines mais prévisibles – “la variation de l'environnement est parfaitement appréhendée par une distribution de probabilités”¹⁶. On pense ici aux cycles des saisons – toutes les firmes ayant un rapport avec le ski (vente de matériel, location de chalet, remontées mécaniques...), par exemple, connaissent une hausse de leurs ventes en décembre et en février – mais également aux saisonnalités sociales (fêtes, coutumes) qui touchent les ventes d'une grande majorité d'entreprises au moment des fêtes de fin d'année, qui peuvent aussi avoir un caractère sectoriel (comme l'augmentation des ventes de chocolats à la Saint Nicolas ou des fleurs à la fête des mères...) ou encore régional (fêtes ou coutumes locales).

En dehors de ces variations saisonnières répétitives, la firme peut également être confrontée à des variations aléatoires d'environnement. Certaines sont générales à l'ensemble des entreprises ou à un sous-ensemble de celles-ci. Elles sont le plus souvent causées par des événements occasionnels comme ceux qu'a connus la France avec la canicule de l'été 2003 (hausse subite de la demande d'eau et de la demande de ventilateurs) ou le conflit opposant la France aux Etats-Unis sur la guerre en Irak (baisse de l'activité hôtelière dans certaines régions de France). On peut également citer les hausses subites de ventes de carburant quand les routiers bloquent les raffineries de pétrole ou encore les baisses brutales de demande consécutives à des campagnes médiatiques pour cause de "vache folle" ou de peste aviaire.

Mais les variations les plus fortes et les plus fréquentes sont probablement au niveau de la firme, celles qui lui sont particulières et affectent sa propre demande. Elles résultent de tous les micro-événements qui conduisent un client à reporter sa demande sur un autre producteur ou un autre produit sans que les données principales du choix ("mix" marketing) aient changé (sinon ces changements conduisent la firme sur une autre trajectoire de demande) et

¹⁶ Ce que Cohendet et Llerena appellent les situations risquées.

également ceux qui poussent ce même client à reporter ou anticiper sa demande.

Ce sont ces évènements, plus que les variations conjoncturelles, qui ne portent après tout souvent que sur des écarts de croissance de l'ordre du point, qui donnent à la demande qui s'adresse à la firme son caractère aléatoire, aléa lui-même représentable par une distribution normale (du fait de la loi des grands nombres).

Si elles touchent principalement la demande, les variations d'environnement peuvent également toucher l'offre. Elles peuvent affecter, dans ce cas, les trois stades du processus : l'approvisionnement, la production ou la livraison. Parmi ces variations, certaines peuvent être prévues voire fixées par la firme : ainsi en va-t-il des absences pour cause de congés payés¹⁷. D'autres sont incertaines mais prévisibles comme les variations climatiques qui sont la source de variations de production très sectorisées – le BTP par exemple est un secteur très touché par ce phénomène : les travaux en extérieur sont fortement réduits en période hivernale à cause des conditions climatiques et de la réduction sensible des jours – et d'autres plutôt imprévisibles car accidentelles – comme la canicule de l'été 2003, par exemple, qui a fortement endommagé de nombreuses productions agricoles (baisse de la production de tomates, de salades...) – ou provenant de la défaillance d'un tiers comme un problème d'approvisionnement en matière première (retard de la part d'un fournisseur par exemple).

Les variations temporaires se produisent le plus souvent à un rythme infra-annuel (i.e. plusieurs fois dans l'année) comme les variations climatiques, les problèmes d'approvisionnement ou en cours de production. Les variations liées aux saisonnalités sociales se produisent généralement à un rythme moins fréquent mais toujours infra-annuel. Cela dépend cependant beaucoup du secteur d'activité de la firme. Les fleurs et les chocolats sont les cadeaux par excellence de beaucoup de fêtes (Noël, Saint-Nicolas, Saint-Valentin,...). Les entreprises de ces secteurs seront alors très touchées par ce type de variations. En revanche, une entreprise commercialisant des jouets sera surtout touchée

¹⁷ Dans le cas où ces variations sont fixées par la firme, elles peuvent alors être coordonnées avec les variations de demande subies

par ce phénomène à Noël et accessoirement par la saisonnalité des anniversaires.

2.1.2. Variations d'environnement durables

Une firme peut également connaître des variations durables voire irréversibles de son environnement. Elles proviennent principalement des changements de stratégie de la part des concurrents – on pense notamment ici à une baisse de prix ou à une amélioration du service ou du produit proposé – des changements éventuels des choix des consommateurs (qu'ils soient impliqués par des changements de goûts ou par des changements de revenu...), d'une modification du cadre institutionnel ou plus généralement des politiques étatiques (dont la fiscalité ou para-fiscalité), ou encore du progrès technique (progrès produit ou progrès processus).

Si certaines de ces variations d'environnement, comme celles liées aux décisions étatiques qui résultent des changements électoraux, peuvent être prévues, celles provenant d'un changement de stratégie de la part d'un concurrent ou du progrès technique sont le plus souvent incertaines et "relèvent d'un processus temporel d'apprentissage de l'information" qui nécessite de la part de la firme de "transférer, d'une période à l'autre, un portefeuille d'actions optimales, lui permettant de préserver le maximum de réponses possibles aux modifications perçues de sa propre situation, et d'assurer une réaction dans les meilleurs délais par rapport à la vitesse d'évolution des paramètres de l'environnement" (Cohendet et Llerena, 1999).

Les variations d'environnement combinent ainsi plusieurs caractéristiques qui déterminent le besoin d'adaptation de la firme. Dans la littérature, le besoin d'adaptation fait souvent référence à des variations d'environnement incertaines¹⁸. Cependant, à court terme, on les considère généralement comme prévisibles, probabilisables¹⁹, alors qu'à plus long terme, on considère l'incertitude plus radicale (à la Knight). Dans ce dernier cas, la flexibilité traduit alors "l'aptitude de l'entreprise à répondre à des conditions nouvelles, à

¹⁸ Eppink (1978), Swadimass et Newell (1987), Barad et Sipper (1988), Cohendet et Llerena (1989), Gupta et Goyal (1989), Gerwin (1993), Kathuria et Partovi (1999), D'Souza et Williams (2000).

¹⁹ C'est ce que les auteurs appellent la flexibilité statique (Cohendet et Llerena ; Carlsson, 1992) ou de type I (Carlsson, 1989)

développer une capacité d'apprentissage en utilisant l'information additionnelle" (Reix, 1997) et à réduire ainsi son incertitude.

"Il existe [ainsi] de nombreuses voies différentes pour être flexible et de nombreux points de vue différents sur laquelle de ces voies est la plus importante" (Upton, 1994). On peut penser que cette diversité vient de ce que à chaque besoin d'adaptation correspond des moyens d'adaptation différents et généralement des choix d'adaptation différents d'une entreprise à l'autre selon le coût relatif de mise en œuvre de chacun de ces moyens. L'identification du besoin réduit ainsi considérablement les voies possibles de la flexibilité.

L'horizon d'adaptation que requiert le besoin permet de déterminer à quel niveau doit se faire l'adaptation et les moyens d'y parvenir. Au court terme est généralement associé le temps de cycle d'un produit donné alors que le moyen ou long terme est vu comme "le temps d'adaptation au futur" et est donc associé au renouvellement des produits, à la transformation des processus de production et de l'organisation. Ce type de flexibilité répond au principe du "temps requis" énoncé par Apter en 1985 (Tarondeau, 1999), selon lequel "afin de pouvoir suivre les évolutions de l'environnement, le temps de réponse de l'entreprise doit être du même ordre de grandeur que le temps de modification dudit environnement". Nous présenterons donc ici les modalités d'adaptation selon que les variations d'environnement sont temporaires ou durables.

2.2. Les modalités d'adaptation aux variations temporaires

Face à des variations infra-annuelles ayant pour effet de faire varier le niveau de ses ventes, la firme a trois moyens directs de s'adapter :

- la flexibilité des prix
- le report des ventes
- le rationnement de la demande

la flexibilité des prix

La firme peut jouer sur le prix de vente du bien ou du service qu'elle propose pour s'adapter aux variations de la demande qui lui est adressée. Elle peut augmenter son prix de vente quand la demande est forte et le diminuer quand elle est faible. Ce phénomène s'observe particulièrement dans les compagnies

aériennes ou les agences de voyages (augmentation des tarifs pendant les périodes de vacances scolaires) et a pour effet de lisser le niveau des ventes.

le report des ventes

Elle peut aussi directement jouer sur ses ventes en en reportant une partie des périodes hautes aux périodes basses. Cela aura également pour effet de lisser le niveau des ventes. Ce type d'adaptation est particulièrement présent dans l'industrie automobile (où il n'est pas rare de devoir commander le véhicule souhaité), et dans certaines entreprises de services (le coiffeur, le garagiste ...) où la prise de rendez-vous est généralement la règle.

le rationnement de la demande

Le rationnement de la demande consiste à ne plus servir la demande lorsque le coût de l'adaptation aux variations infra-annuelles devient plus élevé que le gain que la firme en retire. Il peut ainsi être paradoxal de présenter le rationnement de la demande comme un moyen d'adaptation à des variations infra-annuelles puisque ce moyen a justement l'effet inverse : de ne pas s'adapter (ce qui, pour le dire autrement, traduit son manque de flexibilité). On pourrait certes arguer que si "la flexibilité traduit une aptitude de l'entreprise à répondre aux modifications de l'environnement pour assurer le maintien de ses objectifs fondamentaux" (Reix, 1979), le rationnement peut être considéré comme une réponse flexible puisqu'il a pour but justement de préserver les intérêts fondamentaux de l'entreprise. Mais cette interprétation est peut-être par trop byzantine. Le rationnement doit certes être considéré comme une modalité d'adaptation possible mais peu la qualifierait de "flexible". Le concept de flexibilité trace donc une ligne de partage entre "modalités d'adaptation" sans qu'on puisse alors être assuré que les modalités flexibles doivent être considérées comme économiquement performantes.

Quoi qu'il en soit, les trois modalités d'adaptation précédentes ont pour effet direct de stabiliser la production face à une demande fluctuante. Si elles ne sont pas utilisées, ou si elles ne sont utilisées qu'en partie, une firme devra assurer son adaptation du côté de sa production.

Deux moyens d'adaptation sont alors envisageables :

- la flexibilité du travail et de l'emploi

- le stockage

la flexibilité du travail et de l'emploi

Derrière la notion de flexibilité du travail et de l'emploi se profilent plusieurs moyens pour une firme de s'adapter que l'on regroupe généralement sous les items de flexibilité interne et externe.

La flexibilité externe fait référence à la capacité d'une firme à ajuster le volume de la main-d'œuvre à la production en faisant appel à du personnel extérieur à l'entreprise pour une période donnée (formes d'emplois temporaires) ou en ayant recours au licenciement. L'objectif de ce type de flexibilité est, qu'à chaque instant, le nombre de travailleurs soit exactement égal au nombre de travailleurs dont à besoin la firme (Atkinson, 1984). L'entreprise joue ainsi sur la quantité d'input de travail. C'est "la possibilité pour l'employeur d'embaucher ou de débaucher à sa guise" (Bruhnes, 1994).

La flexibilité interne fait référence à la capacité d'une firme d'ajuster l'utilisation de ses salariés en fonction des besoins de la production. L'effectif employé reste alors inchangé et la firme joue sur la flexibilité du temps de travail ou sur la flexibilité fonctionnelle. La flexibilité du temps de travail (*working time flexibility*)²⁰ encore appelée flexibilité temporelle (Bodin, 2001), flexibilité du temps (Blanco, 1999) ou de la durée du travail (Rubinstein, 1996), consiste à modifier le nombre d'heures de travail disponible en fonction des besoins de la chaîne de production ou des fluctuations de production sans changer les effectifs employés au sein de l'entreprise. Quant à la flexibilité fonctionnelle (*fonctionnal flexibility*)²¹, elle consiste à affecter les salariés de l'entreprise à des fonctions variables selon les besoins de la chaîne de production ou les fluctuations de production. Elle n'est possible que par la polyvalence dans l'activité de travail. "Les modifications des qualifications requises s'obtiennent essentiellement par le recyclage du personnel, la redéfinition des tâches et le redéploiement des travailleurs" (OCDE, 1986). Le personnel se soumet ainsi à une adaptabilité professionnelle et/ou géographique. La formation et la mobilité interne sont au cœur de ce type de flexibilité (Bruhnes, 1994).

²⁰ Treu (1992), Dif (1998), Donnadiou (1999)

²¹ Mercure (1998), Atkinson (1984), Dif (1998), Treu (1992)

le stockage

Au lieu de tenter de suivre, par une variation des effectifs ou de l'affectation des travailleurs, les à-coups de la production liés à des variations de ses ventes, la firme peut au contraire tenter de stabiliser la production (et donc l'emploi). Elle a pour cela un moyen simple : le stockage. Pour amortir l'effet des fluctuations infra-annuelles sur la production, il lui suffit, en effet, de stocker quand le niveau des ventes est inférieur à la production pour déstocker quand la production n'est plus suffisante pour satisfaire ce dernier.

Une des choses étranges lorsqu'on étudie la littérature sur la flexibilité c'est que ce moyen d'adaptation semble être écarté d'emblée comme inefficace. On ne voit pourtant pas pourquoi il devrait être écarté a priori des formes flexibles d'adaptation.

En théorie, toute entreprise a la possibilité d'utiliser la flexibilité du travail et de l'emploi, le report de demande, la flexibilité des prix ou le rationnement de demande. Par contre, le stockage sera inenvisageable pour une entreprise de services puisque, par nature, un service est non stockable.

Dans la réalité, il existe d'autres contraintes liées à l'activité de l'entreprise. Une entreprise produisant des biens périssables aura également plus de difficulté à stocker ou du moins ne pourra pas stocker son produit pendant de longues périodes ; Une boulangerie ou un bar ne pourra pas reporter sa demande. Le client n'est pas prêt à attendre, ne serait-ce qu'une journée, son pain ! Ainsi, le choix d'adaptation d'une firme sera en premier lieu conditionné par les moyens qui sont pour elle envisageables. Ils dépendront ensuite des caractéristiques des variations d'environnement qu'elle subit et du coût relatif des différents moyens d'adaptation possibles.

L' "organisation flexible"

Pour s'adapter aux variations d'environnement temporaires, la firme doit être capable de mettre en œuvre les moyens présentés. Certaines de ses actions auront pour effet de lisser la production, d'autres au contraire de lui faire suivre exactement les variations d'environnement qu'elle subit. Ainsi, le stockage, le report des ventes, le rationnement de la demande ou la flexibilité des prix auront tendance à lisser la production tandis que la flexibilité du travail et de

l'emploi produira, quant à elle, l'effet inverse. Les moyens mis en œuvre nécessitent alors une certaine flexibilité de l'organisation.

Si l'entreprise choisit comme moyen d'adaptation la flexibilité du travail et de l'emploi, cela nécessite que le système soit capable de produire différents niveaux d'output efficacement. C'est ce qu'on appelle la flexibilité de volume (*volume flexibility*). En revanche, si l'entreprise choisit comme moyen d'adaptation le stockage, le report, le rationnement ou la variation de prix, elle réduira les variations de sa production et aura donc moins besoin de ce type de flexibilité.

La firme peut également, grâce à une organisation "flexible", bénéficier d'un avantage concurrentiel. Dans le processus de production, la flexibilité est déterminée par ses composants à savoir l'équipement, les personnes et l'infrastructure. Chacun de ces composants peut être sujet à un échec imprévu. Différentes flexibilités du processus peuvent réduire cette incertitude qui pèse sur le processus de production (Sawhney, 2002).

Selon la plupart des auteurs, la flexibilité de l'organisation devrait ainsi, concrètement, permettre :

- de réduire les coûts fixes de production grâce à la flexibilité de machine (*machine flexibility*) : une machine étant capable d'effectuer plusieurs tâches permet d'éviter de multiplier les machines et leur sous-utilisation ;
- de réduire les délais de réaction en cas de problème en cours de production grâce à la flexibilité de cheminement (*routing flexibility*) ou d'opération (*operation flexibility*). Si une pièce peut prendre différents chemins dans le processus de fabrication ou si l'on peut changer l'ordre des opérations qu'elle doit subir, cela permet le plus souvent de réduire les attentes pour cause de panne de machine ou pour cause d'engorgement²².

²² Ces types de flexibilités nécessitent cependant pour être efficaces que les salariés soient capables de réaliser plusieurs tâches différentes i.e. qu'ils soient polyvalents. Il faut donc qu'elles soient associées à une certaine flexibilité fonctionnelle (*functional flexibility*) encore appelée flexibilité du travail (*labor flexibility*).

Encadré 1.1.

**Définitions des différentes flexibilités du système
qui peuvent être associées aux variations d'environnement temporaires**

Les définitions que nous donnerons ici viennent principalement de Browne et al. (1984), Sethi et Sethi (1990), Vodurka et al. (2000). Elles sont cependant largement employées dans la littérature sur la flexibilité manufacturière par d'autres auteurs.

Volume flexibility (flexibilité de volume) : c'est la capacité de l'organisation de produire différents niveaux d'outputs efficacement et à moindre coût. Elle permet à l'entreprise de s'adapter aux éventuelles variations à la hausse de la demande mais également de conserver un faible stockage quand cette dernière diminue (Sethi et Sethi, 1990 ; Gerwin, 1993).

Machine flexibility (Flexibilité de machine)²³ : c'est la gamme des opérations qu'un morceau d'équipement peut effectuer sans encourir une installation importante. Pour le dire autrement c'est la capacité d'exécuter une multitude de tâches sur une même machine.

Material handling flexibility (flexibilité de manipulation des matériaux) : c'est la capacité de déplacer les différentes pièces dans tout le système manufacturier. Un système de production sera considéré comme flexible s'il existe de nombreux chemins entre les centres de traitements par lesquels les pièces peuvent passer et si par un même chemin on peut faire passer un nombre de produits hétérogènes important.

Routing flexibility (flexibilité de cheminement) : c'est la possibilité pour une pièce de prendre une multitude de chemins alternatifs à l'intérieur du système. La pièce passe ainsi par diverses machines au cours de sa fabrication et s'adapte de ce fait aux changements de disponibilité des machines. Cette flexibilité permet à l'entreprise de s'adapter à des éventuelles pannes ou indisponibilités de certaines machines

Operation flexibility (flexibilité d'opération)²⁴ : elle fait référence à la capacité de changer l'ordre des différentes opérations que doit subir chaque pièce. Ce type de flexibilité permet d'augmenter le niveau d'utilisation des machines. Quand une machine est indisponible, les pièces en attente peuvent ainsi être redirigées sur une autre machine pour subir une autre opération jusqu'à ce que la première machine soit réparée ou désengorgée. Ce type de flexibilité, comme la flexibilité de cheminement, permet ainsi de s'adapter aux éventuels dysfonctionnements de certaines machines. Cependant la façon de s'adapter diffère : si la flexibilité d'opération implique de changer l'ordre réel des opérations effectuées, la flexibilité de cheminement change les machines qui font le traitement mais l'ordre des opérations effectuées reste identique.

Labor flexibility (flexibilité du travail) : c'est la capacité de la main-d'œuvre d'accomplir une multitude de tâches, d'opérations efficacement et à moindre coût.

²³ également appelée "flexibilité de l'équipement" (*equipment flexibility*) (Das et Narasimhan, 1999)

²⁴ parfois appelée "flexibilité d'ordonnancement" (*sequencing flexibility*)

- et également de réduire les délais en cas de problème d'approvisionnement grâce aux flexibilités d'ordre (*sequence flexibility*) et de matériel (*material flexibility*) que Gerwin (1987) définit comme la capacité d'une firme à s'adapter respectivement à l'incertitude sur les entrées de matériels (sont-elles aux normes du processus de production ?) et à l'incertitude des délais de livraison des matières premières²⁵.

Ce type de flexibilité est généralement vu comme une flexibilité d'état (*state flexibility*)²⁶ : le système est capable de répondre seul aux changements²⁷.

2.3. Les modalités d'adaptation aux variations durables

A la différence des variations temporaires d'environnement qui demandent une adaptation en terme de quantités produites et/ou vendues, les variations d'environnement durables peuvent nécessiter un deuxième type d'adaptation : celui de la spécification des produits ou services proposés.

Besoin d'adaptation en terme de quantités vendues

Face à un changement durable du niveau de ses ventes, la firme doit être capable de modifier son niveau de production (à la hausse ou la baisse) de façon durable.

²⁵ L'étude des choix d'adaptation est trop souvent restreinte au seul choix fait à l'intérieur de l'entreprise. Or, ce dernier dépend également des relations existantes entre unités de fabrication. Cette interdépendance a besoin d'être contrôlée par des mécanismes de coordination. Une certaine flexibilité en amont, au niveau du fournisseur (*supplier flexibility*), comme la robustesse du rapport acheteur-fournisseur sous des conditions changeantes d'approvisionnement (Das et Abdel-Malek, 2003), peut permettre à la firme d'améliorer ses délais d'exécution, la qualité de ses produits et de réduire ses coûts de long terme (Sawhney, 2002). La tendance récente est d'ailleurs au partenariat de long terme entre le producteur et un faible nombre de fournisseurs (Bensaou, 1999). Il en va de même en aval. Une capacité à répondre aux changements de demande de livraison (*delivery flexibility*) (Vodurka and al., 2000 ; Sawhney, 2002) ou à fournir divers services d'avant et après vente (*service flexibility*) (Chang et al., 2003) peut permettre à la firme de gagner en compétitivité.

²⁶ reprise par Corrêa et Slack (1996) sous le terme de "robustesse du système" (*system robustness*) qu'ils définiront comme la capacité du système à surmonter un changement non planifié dont l'origine peut être intérieure ou extérieure à la firme.

²⁷ en opposition à la flexibilité d'action (*action flexibility*) où une intervention extérieure est nécessaire avant que le système puisse répondre à un changement comme la mise en œuvre d'une flexibilité de volume.

La seule adaptation possible au niveau de la commercialisation est de modifier le prix de vente des produits concernés. Le changement d'environnement étant durable, le report de demande est inenvisageable puisqu'il nécessite une alternance de périodes de haute et de basse activité. Quant au rationnement de demande, il ne peut être envisagé que transitoirement. La firme, à plus long terme, ne peut que suivre l'évolution de sa demande.

Au niveau de la production, le stockage ne sera plus possible pour les mêmes raisons que le report de demande et le seul moyen d'adaptation possible pour la firme sera alors de jouer sur le niveau de ses effectifs. Face à une croissance qu'elle ne sait pas encore durable de son activité et pouvant donc craindre que la hausse ne soit que temporaire, la firme peut certes de manière transitoire utiliser la flexibilité du travail et de l'emploi pour satisfaire son surcroît d'activité. Cependant, à terme, elle augmentera son effectif permanent, celui-ci étant moins coûteux. Inversement, face à une baisse durable de son activité, elle pourra également utiliser la flexibilité du travail et de l'emploi (notamment le chômage partiel) mais à plus long terme, elle licenciera la main-d'œuvre permanente en excédent.

Ce type de changements d'environnement nécessite parallèlement une adaptation de l'organisation. Elle doit être capable de s'adapter au nouveau niveau de production souhaité (flexibilité de volume) et peut éventuellement, en cas de hausse d'activité, demander un développement des capacités de production en place (flexibilité d'expansion).

Besoin d'adaptation en termes de spécification du produit ou du service

Face à des variations durables d'environnement, l'entreprise doit être, le cas échéant, capable de modifier considérablement et durablement la nature même du produit ou du service qu'elle propose.

Il est cependant difficile de dire, à ce niveau, si c'est la firme qui s'adapte à son environnement ou si ce sont les choix qu'elle fait qui entraînent un changement de son environnement. Est-ce parce que les firmes proposent toujours plus de nouveaux produits, que l'exigence des consommateurs en matière de choix est plus grande ou est-ce parce que les consommateurs souhaitent plus de choix que les firmes, pour s'adapter à cette modification de leur environnement, en proposent toujours plus ? Sûrement un peu des deux : la firme peut en effet

décider d'anticiper le besoin d'adaptation, de contrôler les changements d'environnement pour ainsi gagner des avantages concurrentiels et se créer "de nouvelles options" ou réagir dans les meilleurs délais aux modifications de l'environnement grâce au transfert "d'un portefeuille d'actions optimales"²⁸.

Upton (1996) considère que l'adaptation requise par la firme n'a pas de lien avec la capacité de changer. Il faut donc distinguer les changements planifiés, projetés (*planned changes*) – qui se produisent en raison d'une certaine action gestionnaire consciente qui est prévue pour changer un certain aspect du système ou son rapport à l'environnement – des changements non planifiés qui se produisent indépendamment des intentions du système et des actions du manager (Corrêa et Slack, 1996). L'utilisation "réactive" ou "défensive" de la flexibilité permet à la firme de s'adapter à l'incertitude – type de stratégie que Gerwin (1993) appelle "adaptative" alors que l'utilisation pro-active de la flexibilité permet à la firme d'améliorer les espérances des clients et parallèlement augmenter l'incertitude de ses concurrents, ce qui lui offre la possibilité de gagner des parts de marché – appelée stratégie de "redefinition".

Que la firme décide d'anticiper les changements ou qu'elle s'y adapte ex post, les moyens d'adaptation sont néanmoins similaires. La flexibilité fait dans ce contexte référence à la capacité d'une firme de changer, de développer la production et de trouver des issues stratégiques comme l'entrée sur de nouveaux marchés²⁹. Face au progrès technique ou à la concurrence, l'entreprise doit être capable, le cas échéant, soit de modifier son produit ou son service pour suivre l'évolution requise (les caractéristiques des ordinateurs, par exemple, ont fortement évolué au cours de ces deux dernières décennies), soit de lui trouver de nouveaux marchés – on pense notamment à l'exemple de Romeuf (1951) sur la fabrication de bougie. La découverte de l'électricité en a complètement modifié l'utilisation faite jusqu'alors et a nécessité la conquête de nouveaux marchés porteurs – soit de changer de production (remplacement du magnéto par le DVD par exemple).

²⁸ La réaction aux changements fait référence à ce que les auteurs appellent la flexibilité défensive (Evans, 1991 ; Avison et al., 1995), la flexibilité passive (Eppink, 1978), la flexibilité dynamique réactive (Slack, 1983 ; Cohendet et Llerena, 1999) alors que l'anticipation et le contrôle des variations d'environnement fait symétriquement référence à la flexibilité offensive, active, dynamique pro-active ou encore d'initiative

²⁹ Dreyer et Gronhaug (2002)

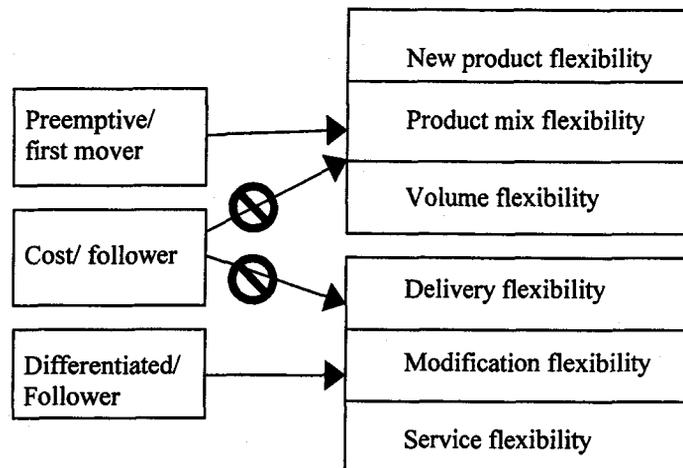
L'organisation flexible : une nécessité ?

Pour opérer ce type de modification, souhaité ou subi, les auteurs invoquent principalement la nécessité d'une adaptation de l'organisation. La firme devrait ainsi être capable :

- de modifier rapidement et à moindre coût les produits existants (flexibilité de modification),
- d'introduire de nouveaux produits dans son processus de production (flexibilité de nouveaux produits)³⁰,
- de s'adapter à un changement de marché (flexibilité de marché).

En réalité, le plus souvent, les différents moyens d'adaptation se combinent. Chang et al. (2003), sur la base d'observations faites dans des industries de machines à Taiwan, distinguent ainsi trois types de firmes industrielles.

Graphique 1.5.
Lien entre les stratégies et les différents types de flexibilité
(Chang et al., 2003)



³⁰ si l'introduction d'un nouveau produit dans la production est faite, non pour remplacer un produit "obsolète" mais pour se prémunir du risque en diversifiant la production, l'organisation devra également être capable de produire une certaine variété de produits et de passer d'une production à l'autre rapidement (flexibilité de mélange).

Encadré 1.2.

**Définitions des différentes flexibilités du système
qui peuvent être associées à des variations d'environnement durables**

Les définitions que nous donnerons ici viennent principalement de Browne et al. (1984), Sethi et Sethi (1990), Vodurka et al. (2000).

Expansion flexibility (flexibilité d'expansion) : elle se définit comme l'augmentation de la capacité (produits) ou des possibilités du système (qualité, technologie...). Elle peut ainsi passer par l'achat de machines supplémentaires, l'introduction de nouvelles technologies ou encore par du travail supplémentaire.

Modification flexibility (flexibilité de modification) : c'est la capacité de modifier les produits existants rapidement et à moindre coût.

New product flexibility (flexibilité de nouveaux produits) : cette flexibilité est généralement appelée flexibilité du produit (*product flexibility*). Cependant, si certains auteurs (Azzone et Berteele, 1989 ; Chen et al., 1992) ne voient dans la flexibilité de produit que la capacité d'introduire de nouveaux produits, d'autres (Slack, 1987 ; Cox, 1989 ; Hyun et Ahn, 1992 ; Ettlie et Penner-Ahn, 1994) par contre y voient également la capacité de modifier des produits existants. Koste et Malhotra (1999) découpent donc la flexibilité de produit en deux dimensions distinctes : la flexibilité de nouveau produit (*new product flexibility*) et la flexibilité de modification (*modification product*) (Chang et al., 2003). Un nouveau produit se distingue d'un produit modifié d'après ses caractéristiques fonctionnelles (Dixon, 1992). Elles diffèrent pour un nouveau produit alors qu'elles sont maintenues pour un produit modifié (changement de design par exemple). Si rien ne semble différencier la flexibilité de produit de la flexibilité de processus, Sethi et Sethi (1990) les distinguent sur la base de l'installation. Alors que la flexibilité de processus ne doit demander aucun changement majeur dans l'installation, la flexibilité de produit impliquera forcément une certaine installation supplémentaire.

Mix flexibility (flexibilité de mélange)³¹ : c'est la capacité de changer la production de différents produits en un délai minimal. Pour le dire autrement cette flexibilité est la capacité de changer la production d'une certaine variété de produits sans changement majeur dans l'installation (Dixon, 1992 ; Gupta et Somers, 1992). Elle permet ainsi de réduire la taille des lots et les coûts de stockage (Sethi et Sethi, 1990), le nombre de machines superflues ou en double et permet également à la firme de s'adapter à une demande fluctuante quant à la diversité des produits. Cela protège ainsi la firme de la variabilité du marché et améliore sa capacité concurrentielle (Kerkre et Srinivan, 1991). Ce type de flexibilité est parfois vu comme une agrégation des flexibilités de machine et de cheminement.

Market flexibility (flexibilité de marché) : capacité de la firme à s'adapter à un changement d'environnement du marché

³¹ le premier terme employé pour parler de ce type de flexibilité était "flexibilité de processus" (*process flexibility*) (Browne et al. (1984), Sethi et Sethi (1990) ou encore Boyer et Leong (1996). Certains auteurs lui ont préféré le terme de flexibilité de mélange : Gerwin (1987, 1993), Dixon (1992), Hyun et Ahn (1992, Suarez et al. (1996), Koste et Malhotra (1999),

Les "preemptive/first mover" sont des industries qui développent leurs flexibilités de production (*production flexibility*), de mélange (*mix flexibility*) et de volume (*volume flexibility*) pour appuyer leur stratégie. Cette stratégie, souvent mise en œuvre face à un fort degré d'incertitude concernant la demande, permet d'ajuster le niveau de production et ainsi "répondre aux demandes fortement incertaines du marché" (Katayama, 1989)³².

Les "Differentiated/follower" quant à elles, sont des industries qui ne fabriquent les produits que lorsqu'ils sont, dans leur cycle de vie, en pleine croissance (Hauser et Shugan, 1983 ; Varadarajan, 1986). Elles réduisent ainsi les risques pris. Les seuls avantages stratégiques pour elles résident dans la modification et l'amélioration des produits développés par les "preemptive/first mover", dans le service offert et dans la rapidité de livraison (Slack, 1983 ; Stalk, 1988). Ainsi, les entreprises ayant choisi cette stratégie développeront plutôt les flexibilités de livraison (*delivery flexibility*), de modification (*modification flexibility*) et de service (*service flexibility*)³³.

Enfin, les "Cost/follower" cherchent à limiter leur besoin de flexibilité en réduisant la gamme de produits et la fréquence de leur modification (Gupta et Somers, 1996 ; Slack, 1987). La stratégie de ces firmes se situe plus dans le stockage que dans le travail à la commande afin de réduire les coûts de production. Elle consiste notamment à se doter de surcapacités productives permanente facilitant l'adaptation en cas d'événements imprévus (Cohendet, Llerena, 1987 ; Abadie, Cohendet et al., 1988). Tarondeau (1999) relie ce type de flexibilité (dite statique ou encore appelée slack organisationnel) à la loi de la "variété requise", énoncée par Ashby, selon laquelle "la condition nécessaire pour qu'un système de variété A (une entreprise) puisse contrôler un système de variété B (l'environnement) est que la variété de A soit au moins égale à la variété de B".

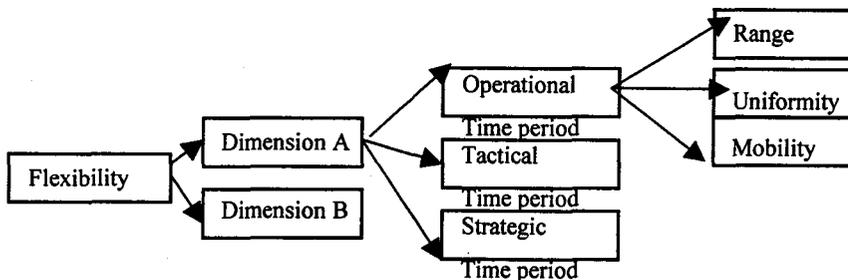
De telles descriptions relativisent l'idée que la solution flexible serait une et indivisible. Le problème dans ce cas est de savoir quel est le dosage optimal dans une situation donnée.

³² On se situe ici dans le cadre de la flexibilité offensive (Avison et al., 1995 ; Evans, 1991 ; Gerwin, 1993) ou encore dynamique pro-active (Slack, 1983 ; Cohendet et Llerena, 1999).

³³ Ces industries se situent plus dans l'utilisation défensive ou dynamique réactive de la flexibilité.

Afin d'identifier clairement quels types de flexibilité concernent la firme, Upton (1994) propose au manager de se poser trois questions. Il suggère dans un premier temps d'identifier la dimension du changement (le volume de production, la production elle-même...) ; dans un second temps, d'identifier l'horizon de temps dans lequel ce changement doit être opéré (*operational, tactical, strategic*³⁴) et enfin d'identifier les éléments de la flexibilité qui sont les plus importants pour lui (*Range, mobility, Uniformity*)³⁵ c'est à dire ceux qu'il souhaite mettre en œuvre (Cf. graphique 1.6.).

Graphique 1.6.
Cadre d'analyse de la flexibilité



³⁴ Les problèmes opérationnels (tels qu'un manque inattendu de matières premières ou une panne de machine) sont de court terme, les problèmes tactiques (comme un changement de production ou de conception) sont de moyen terme et les problèmes stratégiques (investissements dans les machines...) sont de long terme (Gustavsson, 1984).

³⁵ La gamme (**range**) encore appelée variété (*variety*) est définie comme le nombre des différentes positions qui peuvent être réalisées par une dimension donnée de flexibilité. On peut d'ailleurs distinguer, pour avoir une mesure plus riche de la gamme, le nombre d'options et leur hétérogénéité. Ainsi, la "range-number" (R-N) est "le nombre d'options viables (opérations, tâches, produits, etc...)" de la gamme et la "range-heterogeneity" (R-H) est "l'hétérogénéité des options (différences entre opérations, tâches, produits, etc...)" de la gamme (Koste et Malhotra, 1999).

La mobilité (**mobility**) ou réponse (*responsiveness*), deuxième élément constitutif de chaque type de flexibilité, représente la facilité avec laquelle une organisation peut passer d'un état à un autre. C'est ce que Slack (1983, 1987) appelle "the ease of movement". Si Gupta et Goyal (1989) voient uniquement dans cet élément de flexibilité la rapidité de la transition, Slack (1983), Upton (1994), Gerwin (1987), Sethi et Sethi (1990) considèrent que beaucoup de choses interviennent dans cet élément (le temps et le coût de la production perdue, les efforts d'établissement du programme requis, la chute ou la reprise qui peut être provoquée par la transition...). Ces auteurs intègrent ainsi dans cet élément de flexibilité le temps et/ou le coût de transition qui "sont deux éléments importants dans l'évaluation de la flexibilité" (Slack, 1983)

L'uniformité (**uniformity**), troisième et dernier élément de la flexibilité se définit par la similitude des résultats d'exécution dans la gamme. C'est la capacité de maintenir des normes de rendement. Un système peu flexible montrera alors des pics et des creux dans ses résultats d'exécution (Upton, 1994).

Un intérêt tout particulier semble s'être porté sur les besoins d'adaptation durable. La raison serait le passage "d'une demande homogène vers une demande variée, incertaine et exigeante sur la qualité des produits" (Cohendet et Llerena, 1999) forçant ainsi l'entreprise à revoir son objectif concurrentiel. D'un "modèle de standardisation" jouant sur les économies d'échelle possibles grâce à une production de masse et plaçant ainsi la concurrence au niveau du prix de vente, les entreprises, aidées par "les avancées de l'automatisation programmable" (Stankiewicz, 1988), seraient, dès les années 1920, passées à un "modèle de variété" – en raison d'une exigence accrue des consommateurs pour la nouveauté et la personnalisation des produits – demandant dès lors une certaine polyvalence de l'équipement et des effectifs. Puis, à partir des années 1960, elles auraient basculé vers un "modèle de réactivité" à cause d'un nouveau type de concurrence basée cette fois sur les délais. Dans ce contexte, la seule manière de survivre pour une firme serait d'innover, de diversifier sa production. Finalement, aux besoins d'adaptation de court terme sont associés les termes de flexibilité passive, défensive, statique, opérationnelle ou encore secondaire alors que parallèlement les adaptations de plus long terme font référence à une flexibilité active voire pro-active, dynamique, stratégique comme si le second besoin était le seul qui méritait que l'on s'y attarde.

CONCLUSION

Il existe ainsi deux groupes de littérature distincts sur la flexibilité.

Le premier groupe s'intéresse aux problèmes d'adaptation des firmes à moyen et long terme. Ce premier type de littérature, très managériale, concerne l'"art de la conduite des affaires" propre à garantir la survie et la croissance de la firme. Cet art aurait connu de profonds changements que les chercheurs attribuent à l'incertitude causée par les chocs pétroliers et à l'essoufflement des formes d'organisation antérieures (le taylorisme, le fordisme). Ils ont ainsi la conviction affirmée de la nécessité pour les firmes de changer rapidement de portefeuille d'activités pour continuer d'accroître leur chiffre d'affaires ou de maintenir leur rentabilité.

Le temps ne serait plus à la recherche de gains de productivité liée à une spécialisation accrue et à la recherche systématique d'économies d'échelle.

D'où l'insistance sur les nouvelles sources de l'avantage compétitif : la flexibilité de l'équipement, la polyvalence des salariés en seraient les clefs³⁶.

Le deuxième groupe de littérature porte, quant à lui, sur les problèmes d'adaptation des firmes aux fluctuations de court terme (fluctuations infra-annuelles) et particulièrement aux variations de demande.

Ce deuxième type de littérature est assez surprenant. Il promeut comme naturelles ou évidemment efficaces des formules d'adaptation basées essentiellement sur la flexibilité du travail et de l'emploi. Cette façon de voir a fait irruption dans la littérature autour des années 1980 et domine depuis toutes les autres en terme de publications.

Pourquoi cet engouement soudain pour la flexibilité du travail et de l'emploi dans la littérature ? Ne vient-il que d'un effet de mode ou accompagne-t-il un développement réel de cette modalité d'adaptation ? Et si ce développement est bien réel, quelle interprétation peut-on donner de ses causes ?

Ce sont là les questions qui jalonneront notre travail.

Avant de les aborder, il nous fallait cependant en savoir un tout petit peu plus sur le besoin d'adaptation en question : quel en est l'importance ? En quoi constitue-t-il effectivement un problème crucial dont la solution modèle la gestion des entreprises au quotidien ?

³⁶ On peut cependant parfois douter de la réalité de l'abandon des formes d'organisation antérieures. La chaîne et l'OST ne sont pas "mortes", loin s'en faut.

CHAPITRE 2

LE BESOIN D'ADAPTATION DE COURT TERME DES FIRMES

Que les firmes doivent s'adapter à des fluctuations infra-annuelles d'environnement, ce n'est en fait pas nouveau. En 1951, Romeuf mettait déjà l'accent sur le fait que le "rythme des affaires [est] plus ou moins élevé à certaines périodes qu'à d'autres" et qu'il peut varier d'une entreprise à l'autre. Il prend entre autre l'exemple de la SNCF : "en 1949, [elle] a transporté exactement deux fois plus de voyageurs en juillet et août qu'en janvier février".

Les enquêtes d'opinion confirment le caractère assez général de ce phénomène aux diverses entreprises. On pense notamment à une enquête SOFRES effectuée en 1986 pour le Ministère du Travail qui indique que les 2/3 des chefs d'entreprises déclarent connaître des variations d'activité – et que, parmi eux, "33% les chiffreraient [...] à plus de 50% d'un jour de charges normales" (Elbaum, 1988) – et à une enquête du SESSI (Service des statistiques industrielles) de 1997 qui indique, quant à elle, que parmi les entreprises industrielles, 9 sur 10 déclarent "devoir faire face à des ajustements de la production à la demande, 46% de manière prévisible et notamment saisonnière, et 79% de manière aléatoire au motif d'une demande fluctuante" (Favre et al., 1998).

Mais, hormis ces enquêtes d'opinion – réalisées sur la base de déclarations et qui peuvent donc contenir de sérieux biais d'appréciation³⁷ – quelques statistiques ponctuelles, et quelques monographies d'entreprises, le besoin d'adaptation n'est guère étudié en lui-même. La littérature se focalise principalement sur les modalités d'adaptation en partant tout simplement du constat que les entreprises ont un besoin d'adaptation. Sur la base d'appréciations intuitives, pas forcément absurdes pour autant, on indique parfois que tel ou tel type d'entreprise doit être plus sujet qu'un autre à des

³⁷ L'étude que nous avons menée auprès de 105 établissements, que nous présenterons dans ce chapitre, nous a montré qu'il pouvait exister de gros décalages entre le sentiment que pouvait avoir le dirigeant sur la variabilité de son activité et ce que révélaient ses propres statistiques.

fluctuations infra-annuelles. Il n'est donc pas rare de lire que certains secteurs d'activité – comme le BTP, les activités de tourisme et loisirs, les secteurs des jouets ou du chocolat – connaissent des variations infra-annuelles de demande très importantes. Cependant, il n'existe à notre connaissance, aucune étude générale du besoin d'adaptation qui tenterait de mesurer son ampleur, sa diversité, sa forme et son degré de prévisibilité.

Le but de ce chapitre est de poser des jalons dans cette direction en utilisant des données collectées par nos soins sur les variations infra-annuelles d'activité auprès de plus de cent établissements industriels et commerciaux.

Quelle est l'importance des fluctuations infra-annuelles que subissent les entreprises ? Sont-elles d'ampleur différente d'une entreprise à l'autre ? Et si oui, peut-on attribuer une partie de ces écarts à des différences de taille ou de secteur d'activité ? Ces questions feront l'objet de notre première section.

La seconde portera sur la séparation des variations prévisibles ("saisonniers") et des variations imprévisibles ("aléatoires"). Typologie des formes de fluctuations saisonnières et part de celles-ci dans l'ensemble des fluctuations seront là nos principales interrogations.

1. L'IMPORTANCE DES FLUCTUATIONS D'ACTIVITE

Notre but est ici de donner une idée de l'importance des fluctuations infra-annuelles de demande auxquelles les entreprises doivent faire face (§ 1.2.) et de leur plus ou moins grande récurrence (§ 1.3.). Nous commencerons toutefois par présenter le matériau utilisé (§ 1.1.).

1.1. Description des données utilisées

Devant l'apparente absence de bases de données permettant de mesurer au niveau d'une firme ou d'un établissement les fluctuations infra-annuelles de demande, nous avons tenté de collecter nous-même le matériau nécessaire à notre étude.

Cette collecte s'est opérée au cours des années 2001-2002 et a concerné finalement un échantillon de 105 établissements.

La méthode de construction de cet échantillon ne repose pas, loin s'en faut, sur des techniques classiques de sondage aléatoires ou d'échantillonnage raisonné. L'information dont nous avons besoin est en effet considérée par la plupart des firmes comme confidentielle et seule l'établissement d'une relation de confiance avec nos interlocuteurs a permis d'y accéder.

Concrètement, la base de l'échantillon a été obtenue par relations. Il a été amplifié par la recherche systématique de rebond dans les réseaux relationnels de nos premiers interlocuteurs. Certaines données ont également pu être obtenues moyennant la fourniture d'une analyse statistique à nos correspondants (analyse de la saisonnalité, établissements de prévisions).

L'échantillon ainsi empiriquement constitué ne peut être qualifié de représentatif : les activités de service y sont sur-représentées. Néanmoins, il contient une certaine diversité de taille et de secteur comme en témoignent les tableaux ci-dessous.

Tableau 2.1.

Nombre d'établissements par secteur d'activité

Secteur	Industrie	Construction	Services administrés	Services principalement marchands
Nombre d'établissements	11	7	14	73

Tableau 2.2.

Nombre d'établissements par taille

Taille	≤10 salariés	10 < salariés ≤ 50	50 < salariés ≤ 100	100 < salariés ≤ 200	200 < salariés ≤ 500	salariés > 500
Nbre d'établ.	29	36	7	12	19	2

L'idéal aurait été, compte tenu de notre objectif, de mesurer à prix constant les variations de la demande qui s'adressait aux unités économiques considérées. De telles statistiques n'existent évidemment pas à proprement parler au niveau des entreprises. Nous avons essayé de recueillir celles qui se rapprochaient le plus de cet objectif. Nous étions toutefois limités dans cette quête par la disponibilité des données.

Dans la plupart des cas, la statistique recueillie correspond au chiffre d'affaires réalisé sur la période. Cette statistique est néanmoins imparfaite puisqu'elle ne concerne que la demande "servie" et non la demande adressée à l'unité. Rationnement et report de demande à une période ultérieure atténuent en effet les variations du chiffre d'affaires par rapport à celles de demande. Les fluctuations de prix concomitantes des fluctuations de demande ont, quant à elles, plutôt tendance à l'augmenter.

Dans quelques cas, c'est le nombre de demandeurs du service ou le nombre de clients (enregistrés par un dispositif automatique) qui a été utilisé. Ce type de statistique correspond en général à des systèmes d'observation permettant l'étude des variations de la demande de service au cours d'une journée.

De manière générale, on a tenté d'obtenir des statistiques à un niveau le plus détaillé possible. Certaines entreprises ont ainsi fourni des données au niveau de la journée ou de la demi-journée, d'autres des statistiques hebdomadaires. La majeure partie ne disposait que de statistiques mensuelles. C'est donc à cet échelon que les données ont été systématiquement traitées.

Enfin, pour permettre la séparation des mouvements répétitifs affectant une unité de ceux qui conservent un caractère temporaire ou aléatoire, on a également tenté de récupérer des historiques les plus longs possibles.

Une nouvelle fois, ce souhait s'est trouvé limité par la disponibilité des statistiques au niveau de l'entreprise ainsi que par les réserves que pouvait avoir notre interlocuteur vis-à-vis de notre objectif.

Dans une bonne partie des cas, néanmoins, nous disposons d'un historique supérieur à l'année comme en témoigne le tableau suivant.

Tableau 2.3.

Nombre d'établissements selon le nombre de périodes d'observation

Nbre de périodes (en année)	1	entre 1 et 2	2	3	4	7	8	10
Nbre d'établissements	41	22	10	13	15	1	2	1

Notre objectif est ici de mesurer les fluctuations infra-annuelles d'activité. Le mouvement de fond, pouvant être assimilé – sur la base des définitions que nous avons présentées dans le chapitre un – à une variation d'environnement durable, ne devait pas être pris en compte dans les mesures effectuées (que nous présenterons dans le point suivant). Sur les 105 établissements étudiés, 22 avaient une activité qui présentait une tendance. Nous avons supposé cette tendance linéaire et indépendante des deux autres mouvements et l'avons donc ôtée par la méthode des moindres carrés ordinaires.

1.2. L'ampleur des fluctuations d'activité

Les indicateurs

Il existe plusieurs indicateurs permettant de rendre compte de l'importance des variations d'une série statistique. Il fallait néanmoins que ces indicateurs puissent nous permettre, par la suite, de comparer l'ampleur des fluctuations infra-annuelles d'activité d'un établissement à l'autre. L'étude menée sur les différentes mesures relatives envisageables (Cf. encadré 2.1.) a finalement montré que le choix de l'indicateur n'est pas très important. Nous avons donc utilisé pour notre étude l'indice le plus fréquemment utilisé, à savoir le coefficient de variation.

Encadré 2.1.
Le choix d'une mesure synthétique
de l'amplitude des variations infra-annuelles d'activité

L'étendue relative

Parmi les indicateurs possibles, le plus simple est l'étendue relative qui s'exprime comme le rapport de la différence entre les deux valeurs extrêmes d'activité au cours de l'année et la moyenne annuelle d'activité.

$$ER = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\bar{x}} \quad \text{où} \quad \bar{x} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} x_i$$

Il existe cependant une limite à son utilisation : calculée sur la base des deux valeurs extrêmes de l'activité, l'étendue relative peut présenter une activité plus fluctuante qu'elle ne l'est globalement à cause d'une seule valeur "accidentelle" d'activité (anormalement forte ou faible). Une entreprise ne connaissant aucune variation d'activité pendant 11 mois de l'année mais qui, pour une raison ou une autre, fait face à une forte variation d'activité au cours du douzième sera ainsi considérée comme connaissant des amplitudes de fluctuations d'activité très importantes.

Le coefficient de variation

L'indicateur le plus utilisé pour mesurer la dispersion d'une série est le coefficient de variation qui se définit comme le rapport de la moyenne quadratique des écarts à la moyenne arithmétique de l'activité et de la moyenne d'activité.

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

A la différence de l'étendue relative, il intègre tous les écarts d'activité à la moyenne. Il est donc moins sensible aux valeurs extrêmes, mais a comme inconvénient d'être d'interprétation moins immédiate. Pour donner une signification plus concrète, on peut se ramener à une mesure d'étendue en se fondant sur les propriétés de la distribution normale. Partant d'une base 100, on peut considérer que l'activité annuelle fluctue autour de cette base d'environ $\pm 2CV$. Ainsi, un coefficient de variation de 15% équivaut à une activité annuelle fluctuant entre 70 et 130.

La concentration

Les deux premiers indicateurs présentés sont généralement appelés mesures de dispersion puisqu'ils calculent le degré de fluctuation des données autour d'une valeur centrale. On leur oppose souvent les mesures de concentration. La concentration d'une distribution se mesure par une comparaison entre la répartition "observée" et une répartition équitable (équi-répartition).

La courbe de Lorenz

La courbe de concentration la plus connue est celle de Lorenz. Elle permet de visualiser le phénomène. En abscisse se trouve le temps de fonctionnement (ici les mois) qui est réparti en pourcentages cumulés croissants :

$$F_i = \frac{\sum_{j=1}^i j}{12}$$

où j représente les numéros de mois classés par ordre croissant d'activité³⁸.

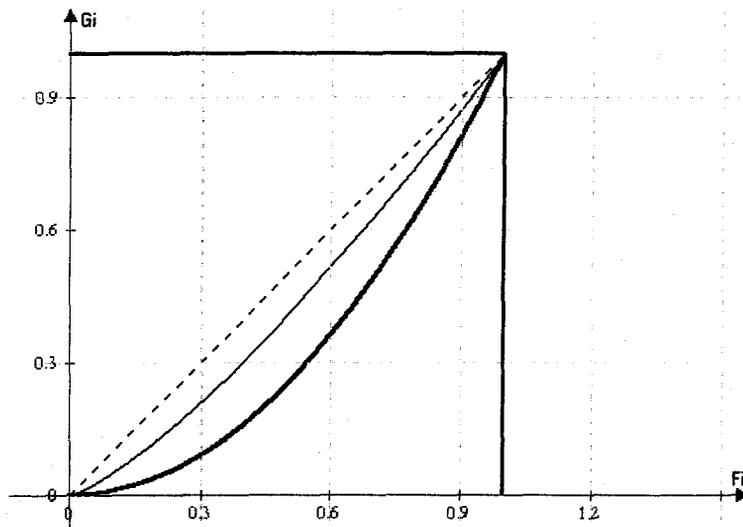
En ordonnée, figurent les pourcentages cumulés croissants de l'activité étudiée :

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^i x_j}{\sum_{i=1}^{12} x_i}$$

Par construction (Cf. graphique), à l'origine du graphique, 0% d'activité est réalisé en 0% du temps. A l'extrémité du carré, 100% de l'activité est réalisé en 100% du temps (i.e. en une année). La courbe donne ainsi la part d'activité réalisée au cours d'une part donnée de temps de fonctionnement. Si l'entreprise a une activité constante sur l'année, la courbe de Lorenz sera confondue avec la droite d'équi-répartition (représentée par la première diagonale). Plus la courbe de Lorenz s'éloigne de cette droite et plus l'activité est concentrée.

Si la courbe de Lorenz visualise l'ampleur des différences d'activité, elle n'en donne pas une mesure synthétique.

Représentation de la courbe de Lorenz



Indice de Gini

L'indice de Gini, calculé à partir de la courbe de Lorenz, donne, comme son nom l'indique, cette mesure numérique synthétique.

³⁸ $j=1$ est le mois où l'activité est la plus faible, $j=2$ est le deuxième mois où l'activité est la plus faible.... et $j=12$ est le mois où l'activité est la plus forte.

Il se définit comme le double de l'aire située entre la courbe de concentration et la première diagonale³⁹. Ainsi, lorsque l'activité est répartie équitablement sur les 12 mois de l'année, la courbe de concentration est confondue avec la première diagonale et l'indice de Gini est dans ce cas égal à zéro. A l'autre extrême, si toute l'activité est réalisée au cours d'un seul mois de l'année, la courbe de concentration est confondue avec les bords du carré. L'indice de Gini est donc égale au double de l'aire du triangle rectangle isocèle en dessous de la première diagonale, c'est à dire à 1.

Mais l'indice de Gini peut également être obtenu directement sans aucune référence à la courbe de Lorenz. On peut montrer en effet qu'il est égal à la différence relative moyenne entre les différentes observations, et répond donc à la formule suivante :

$$G = \frac{\sum_i \sum_j |x_i - x_j|}{2n^2 \bar{x}}$$

où x_i et x_j représentent l'activité des mois i et j

Indice de Hoover

L'indice de Hoover est basé sur le même principe que l'indice de concentration dans la mesure où il compare des parts effectives à une situation d'équi-répartition.

$$H = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{12} |f_i - f_e|$$

où f_i représente la part d'activité réalisée le mois i $f_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^n x_i}$

et f_e représente la part d'activité moyenne (i.e. celle que l'on aurait s'il y avait équi-répartition).

On peut cependant réinterpréter cette mesure comme indiquant la part d'activité qu'il faudrait transférer d'un mois à l'autre pour aboutir à l'équi-répartition.

L'indice de Hoover est, comme l'indice de Gini, compris entre zéro et un. Zéro correspond à l'équi-répartition de l'activité et un correspond à une concentration extrême de l'activité (elle est réalisée au cours d'un seul mois de l'année).

³⁹C'est la définition standard du coefficient de Gini (encore appelé ratio de concentration de Gini). Il existe d'autres indicateurs qui peuvent également être calculés sur la base de la comparaison de la courbe de Lorenz et de la droite d'équi-répartition comme l'indice de dissemblance mesuré par la déviation verticale maximale entre la courbe de Lorenz et la droite d'équi-répartition.

Liens entre les différents indicateurs

Si les trois mesures synthétiques classiques (coefficient de variation, indice de Gini et indice d'Hoover) semblent reposer sur des fondements différents, ce n'est qu'une apparence. Ce sont en fait des indicateurs du même genre, basés tous trois sur les écarts d'activité soit à la moyenne, soit entre mois comme le montrent les formules respectives de chacun auxquelles on aboutit par un travail algébrique élémentaire :

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n^2} \sum_i \sum_j (x_i - x_j)^2}}{\bar{x} \sqrt{2}}$$

$$G = \frac{\frac{1}{n^2} \sum_i \sum_j |x_i - x_j|}{2\bar{x}}$$

$$H = \frac{\frac{1}{n} \sum_i |x_i - \bar{x}|}{2\bar{x}}$$

L'indice de Hoover est voisin du coefficient de variation. La différence entre les deux indicateurs ne porte que sur la nature de la moyenne des écarts à la moyenne utilisée : moyenne des écarts absolus pour Hoover et moyenne quadratique pour le coefficient de variation. De même le coefficient de variation peut très bien être exprimé comme moyenne des écarts entre observations comme le coefficient de Gini (moyenne des valeurs absolues des écarts dans un cas et des carrés dans l'autre).

Résulte de cette analyse que les différentes mesures synthétiques de concentration ou de variation sont fatalement assez proches les unes des autres. Nous avons privilégié dans cette étude la mesure la plus fréquemment utilisée : le coefficient de variation.

On peut également montrer que l'on aurait pu se fonder sur des mesures moins synthétiques mais plus intuitives comme l'étendue relative ou encore la part d'activité réalisée au cours des plus forts mois d'activité. En témoigne le tableau des corrélations de ces trois indicateurs dans notre échantillon :

Matrice de corrélations des différents indicateurs

	Etendue relative	Coeff. de variation	Pa*
Etendue relative	1		
Coeff. de variation	0.99	1	
Pa*	0.988	0.987	1

*Pa = part d'activité réalisée au cours des 2 mois de plus forte activité⁴⁰

⁴⁰ Nous avons pris ici, pour montrer la corrélation entre les différents indicateurs, la part d'activité réalisée au cours des deux mois de plus forte activité. Nous aurions pu prendre un autre quantile, nous aurions obtenu les mêmes résultats.

Les fluctuations d'activité sont en moyenne importantes

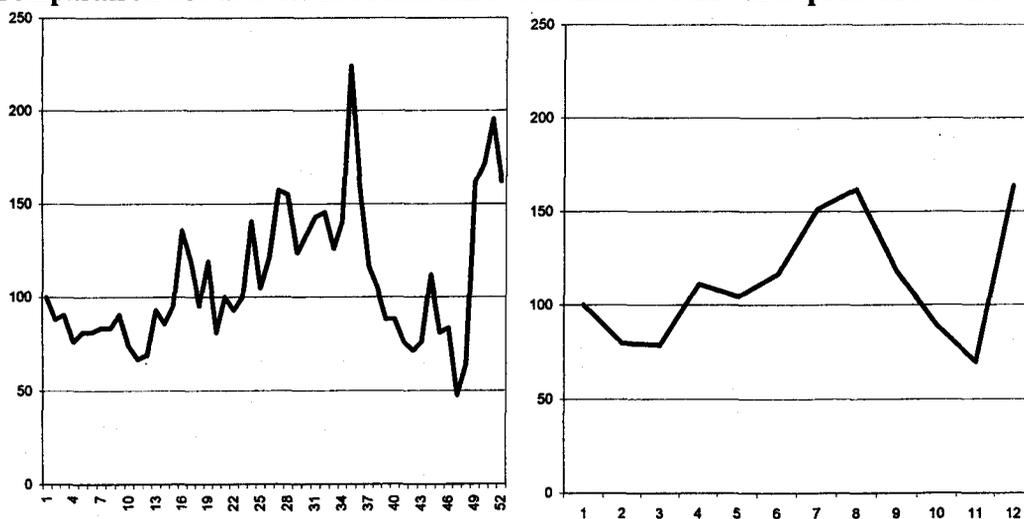
Le coefficient de variation moyen obtenu⁴¹ (23.7%) pour les 105 établissements étudiés montre clairement que les entreprises connaissent des fluctuations infra-annuelles d'activité. En moyenne, l'activité pour les différents mois de l'année varie dans ces entreprises presque du simple au triple.

On peut d'ailleurs indiquer que si nous avons pu travailler sur des données journalières ou hebdomadaires, les fluctuations observées auraient été encore plus importantes, l'agrégation de données ayant tendance à lisser les variations. Un établissement de services pour lequel nous avons l'activité hebdomadaire montre clairement ce phénomène de compensation (Cf. graphique 2.1.).

Au niveau hebdomadaire (Cf. graphique de gauche), l'activité fluctue entre l'indice 50 (activité de la 47^{ème} semaine) et 220 (activité de la 35^{ème} semaine), alors qu'au niveau mensuel (Cf. graphique de droite), ce même phénomène se traduit par un indice de 70 pour le mois de novembre et de 160 pour le mois d'août. Les coefficients de variation calculés sont ainsi respectivement de 33.05% et de 27.5%. Ceci étant dit, la forme générale du mouvement de l'activité reste identique que l'on travaille sur données hebdomadaires ou mensuelles.

Graphique 2.1.

Comparaison de l'activité hebdomadaire et mensuelle d'une entreprise de service

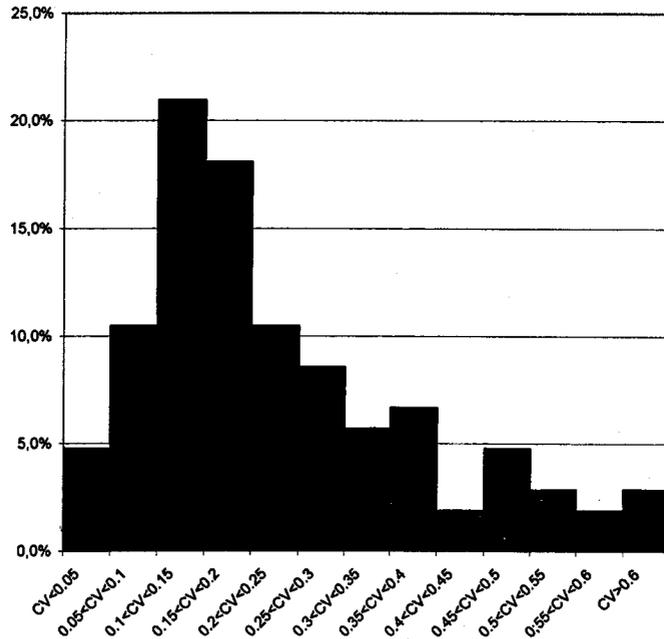


⁴¹Lorsque nous avons plusieurs années d'observation pour une entreprise, nous avons calculé le coefficient de variation annuel moyen par entreprise.

Les fluctuations sont diverses d'une entreprise à l'autre

Il existe une forte dispersion autour du coefficient de variation moyen (écart-type de 0.155).

**Graphique 2.2.
Distribution du coefficient de variation**



Comme le montre le graphique 2.2., les situations sont très contrastées : si les 2/3 des établissements ont un coefficient de variation compris entre 5% et 25%, certaines entreprises connaissent des fluctuations d'ampleur beaucoup plus importante.

L'ampleur des fluctuations est liée à la taille et au secteur

Si l'on regarde les indicateurs moyens selon la taille et le secteur d'appartenance des établissements, les résultats semblent indiquer qu'il existe des différences entre établissements selon leur taille et leur secteur d'activité.

Tableau 2.4.
Coefficient de variation moyen selon le secteur d'activité des établissements

Secteur	Industrie	Construction	Services administrés	Services principalement marchands
Coefficient de variation	0,308 (0,114)	0,354 (0,121)	0,201 (0,084)	0,222 (0,165)

Tableau 2.5.
Coefficient de variation moyen selon la taille des établissements

Taille	≤10 salariés	10 < salariés ≤ 50	50 < salariés ≤ 100	100 < salariés ≤ 200	200 < salariés ≤ 500	salariés > 500
Coefficient de variation	0,145 (0,073)	0,331 (0,192)	0,279 (0,145)	0,215 (0,063)	0,220 (0,095)	0,035 (0,001)

Les entreprises de services seraient apparemment sujettes à des fluctuations d'ampleur moins importante que celles de l'industrie et la construction et les entreprises de très petite taille (<10 salariés) et de très grande taille (>500) connaîtraient également des variations d'activité de plus faible ampleur.

Afin de confirmer cette intuition et, le cas échéant, de mesurer les différences observées selon la taille et le secteur d'activité des établissements, nous avons réalisé un modèle économétrique.

Les variables "taille" et "secteur d'activité" ont été intégrées dans le modèle comme variables "dummy". On a ainsi 6 variables de taille et 4 variables de secteur d'activité réparties comme suit :

Tableau 2.6.
Codification des variables "taille" et "secteur d'activité"

Taille	Codification
≤10 salariés	Tail1
10 < salariés ≤ 50	Tail2
50 < salariés ≤ 100	Tail3
100 < salariés ≤ 200	Tail4
200 < salariés ≤ 500	Tail5
salariés > 500	Tail6

Secteur	codification
Services principalement marchands	SPM
Services administrés	SA
Industrie	Ind
Construction	Const

Face à des variables "dummy", nous devons choisir une modalité de référence afin d'éviter toute colinéarité entre les variables. Notre choix s'est porté sur les modalités les plus représentées à savoir les services principalement marchands pour le secteur et les entreprises dont l'effectif est inférieur ou égal à 10 salariés pour la taille.

La spécification choisie pour le modèle a été la suivante :

$$\ln CV = a_0 + a_1 \text{tail2} + a_2 \text{tail3} + a_4 \text{tail5} + a_5 \text{tail6} + a_6 \text{SA} + a_7 \text{ind} + a_8 \text{const}$$

L'intérêt d'une telle spécification est que les coefficients s'y interprètent comme des coefficients multiplicateurs de la variable expliquée par rapport à la situation choisie comme référence.

L'étude de ce premier modèle a révélé qu'il n'y avait aucune différence significative entre le coefficient de variation des établissements des services principalement marchands et des services administrés. Nous avons donc regroupé les entreprises de ces deux secteurs en un seul : le secteur des services.

Le coefficient de variation n'étant pas non plus différent pour les entreprises de 10 à 500 salariés, nous avons également regroupé les entreprises qui avaient une taille comprise entre ces deux bornes et en avons fait notre nouvelle référence⁴².

Le nouveau modèle testé fut le suivant :

$$\ln CV = a_0 + a_1 \text{tail1} + a_2 \text{tail6} + a_3 \text{ind} + a_4 \text{const}$$

⁴² Nous avons gardé la variable "tail6" dans notre nouveau modèle car cette dernière est significative. Cependant, nous n'avons dans notre base que 2 entreprises de plus de 500 salariés. Les différences observées, même si elles sont significatives, peuvent être caractéristiques à ces deux établissements et non à leur taille.

Tableau 2.7.
Coefficients multiplicateurs relativement à la situation de référence

Variables	Coefficient multiplicateur
Taill	0.61
Taill6	0.16
Ind	1.40
Const	1.52

Ce modèle a permis de mettre en évidence deux choses :

des fluctuations d'ampleur très différente selon le secteur d'activité

Globalement, alors que le coefficient de variation moyen de l'activité d'une entreprise de services est de 21.45%, il est de 30% pour une entreprise industrielle et de 32.5% pour une entreprise appartenant au secteur de la construction. Cela confirme l'idée généralement avancée que les entreprises du BTP et de l'industrie ont un besoin d'adaptation beaucoup plus important que les entreprises de services. Ce dernier est, d'après les résultats du modèle, 1.4 à 1.5 fois plus important dans ces entreprises comparé à la situation de référence.

des fluctuations d'activité de plus faible ampleur dans les petites entreprises

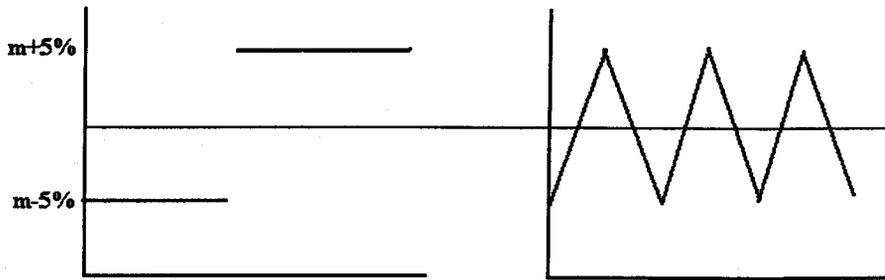
Un constat par contre plus surprenant, est que, toutes autres choses égales par ailleurs, une entreprise de très petite taille (<10 salariés) connaîtraient des fluctuations d'activité de plus faible ampleur (de l'ordre de 40% comparativement à la référence) : le coefficient de variation moyen de l'activité des entreprises de moins de 10 salariés est de 12.9%. Cette conclusion, en totale contradiction avec la "loi des grands nombres", nous laisse craindre qu'elle n'est que le reflet de la plus grande difficulté des petites entreprises à s'adapter utilisant, sous cette hypothèse, plus fréquemment le rationnement de la demande en cas de forte variation à la hausse de cette dernière.

1.3. la variabilité de l'activité

Si le coefficient de variation est un bon indicateur pour mesurer l'ampleur des fluctuations, il ne suffit pas pour caractériser le besoin d'adaptation requis de l'entreprise. Regardons en effet les variations d'activité représentées dans les

deux graphiques ci-dessous. L'amplitude globale des fluctuations relativement à la moyenne d'activité est identique : l'entreprise doit faire face à autant de périodes hautes et basses et celles-ci ont même ampleur. Par contre, la forme de l'activité n'est pas du tout la même.

Graphique 2.3.
Exemples de forme d'activité



Dans le premier cas, l'entreprise ne devra faire qu'un seul ajustement sur l'année – son activité est peu variable – alors que dans l'autre cas, elle devra s'adapter régulièrement – son activité est très variable. On peut ainsi légitimement penser que dans le deuxième cas, l'entreprise aura plus de difficultés à s'adapter que dans le premier.

Les indicateurs

La moyenne des taux de variation mensuels d'activité en valeur absolue

Le premier indicateur permettant de rendre compte, en partie, de ce phénomène est la moyenne des taux de variations mensuels d'activité en valeur absolue.

$$TV = \frac{1}{n} \sum_i \left| \frac{x_{i+1} - x_i}{x_i} \right|$$

Ainsi dans notre exemple graphique, l'entreprise (dont l'activité est présentée à droite) connaît en moyenne des variations mensuelles d'activité de 1.7%⁴³ alors que la deuxième (dont l'activité est présentée à gauche) connaît en moyenne des variations mensuelles d'activité de 10%⁴⁴. Cet indicateur permet donc, pour

⁴³ 1 seule variation d'activité de 10% répartie sur 6 périodes

⁴⁴ 6 variations mensuelles d'activité de 10% sur 6 périodes

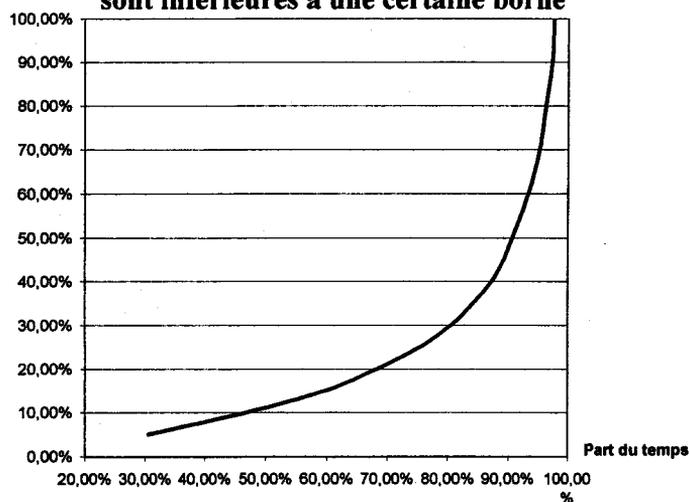
des entreprises ayant la même ampleur de fluctuations, de distinguer celles qui ont une activité plus variable. En revanche, il ne permet pas de comparer des entreprises ne subissant pas la même ampleur de fluctuations. En effet, supposons que la première entreprise de notre exemple connaisse toujours une seule variation mensuelle d'activité mais cette fois de 60%, la moyenne du taux de variation mensuelle de son activité sera alors de 10%, comme celle de notre deuxième entreprise, qui, elle, connaît chaque mois des variations de son activité de 10%.

Part du temps où le taux de variation mensuel d'activité en valeur absolue est inférieur à un seuil donné

Le deuxième indicateur, moins synthétique mais plus "fiable" – au vu de la critique faite au premier – est la part du temps où le taux de variation mensuelle est inférieur à une certaine borne donnée.

Une variabilité assez faible en moyenne...

Graphique 2.4.
Part du temps où les variations mensuelles
sont inférieures à une certaine borne



Si l'on regarde le graphique 2.4., on remarque qu'en moyenne l'activité n'est pas très variable. Les entreprises connaissent des variations mensuelles d'activité inférieure à 5% pendant plus de 3 mois et demi de l'année et inférieure à 10% pendant près d'un semestre. Elles subissent, par contre, même si elles ne sont

pas fréquentes (en moyenne une par an), des fluctuations mensuelles d'ampleur plus importantes (d'au moins 50%).

... avec une forte dispersion autour de cette moyenne

L'écart-type associé à chacune des valeurs du graphe montre cependant la forte hétérogénéité des cas autour de cette moyenne.

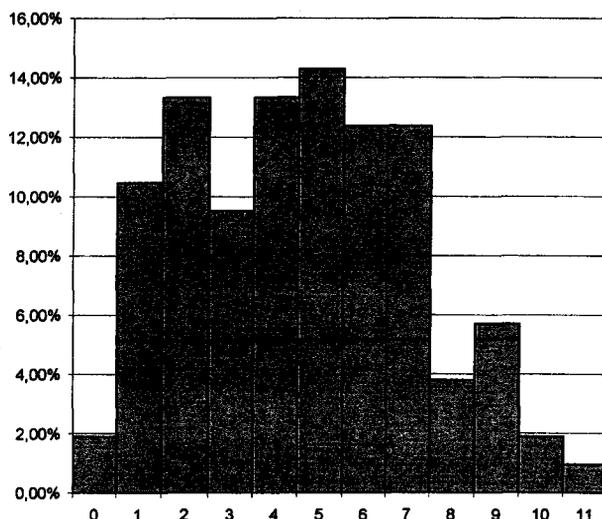
Tableau 2.8.
Ecart-type associé à chaque borne

Borne	Ecart-type
5,00%	1,91
10,00%	2,53
15,00%	2,82
20,00%	2,74
25,00%	2,58
30,00%	2,29
35,00%	2,04
40,00%	1,86
45,00%	1,72
50,00%	1,60
60,00%	1,28
70,00%	0,98
80,00%	0,87
90,00%	0,67
100,00%	0,64

Certaines entreprises ne connaissent pas ou peu de variations mensuelles de forte ampleur sur l'année, alors que d'autres doivent chaque mois faire varier leur activité assez fortement.

Ainsi, par exemple, la distribution des établissements selon le nombre de variations mensuelles d'activité inférieures à 10% montre cette "inégalité" des entreprises devant la variabilité de leur activité.

Graphique 2.5.
Distribution des établissements selon le nombre de variations mensuelles d'activité inférieures à 10% sur l'année



2. LA PREVISIBILITE DE L'ACTIVITE ET DE SES FLUCTUATIONS

Si les firmes, dans leur ensemble, doivent généralement faire face à des fluctuations d'environnement importantes, on voit que l'uniformité est loin d'être la règle. Certaines entreprises bénéficient d'un courant de demande assez régulier tandis que d'autres font face à des fluctuations de grande ampleur associées, pour certaines, à une alternance rapide de périodes hautes et basses.

Mais, parmi les caractéristiques des variations d'environnement que la firme subit, si l'ampleur des fluctuations peut avoir son importance dans le choix d'adaptation, la prévisibilité de l'activité semble également déterminante. Comme nous le verrons dans le chapitre 4, certaines modalités d'adaptation – comme le report de demande, le stockage ou la main-d'œuvre intérimaire – peuvent être utilisées à la fois pour des besoins prévus ou pour des besoins imprévus, alors que d'autres – la flexibilité des prix, les CDD – demandent, par contre, une certaine prévisibilité de l'activité de la firme pour être mises en oeuvre. Connaître le degré de prévisibilité de ces variations d'environnement permet dès lors de mieux cibler les modalités d'adaptation possibles.

Mesurer cette part de la variabilité qui est prévisible ne pose pas de problème de principe. Tendance mise à part⁴⁵, l'activité d'une firme (Y_t) peut se décomposer en deux mouvements : un mouvement répétitif – généralement appelé mouvement "saisonnier"⁴⁶ – parfaitement identifiable et donc prévisible que nous noterons S_t et un mouvement aléatoire par définition imprévisible noté ε_t .

Deux hypothèses sont classiquement faites concernant la manière dont ces deux mouvements se composent :

- hypothèse multiplicative : $Y_t = S_t \varepsilon_t$
- hypothèse additive : $Y_t = S_t + \varepsilon_t$

La première hypothèse est cependant équivalente à la seconde si l'on passe la série en logarithme. On supposera donc que l'activité (exprimée en niveau ou en logarithme) se décompose additivement et que les deux mouvements composant l'activité (saisonnier et aléatoire) sont parfaitement indépendants⁴⁷.

De ces deux hypothèses, nous pouvons déduire que les variations d'activité sont égales à la somme des variations saisonnières et aléatoires :

$$V(Y_t) = V(S_t) + V(\varepsilon_t)$$

Pour mesurer le degré de prévisibilité des variations d'activité, il suffit dès lors d'identifier le mouvement saisonnier et de regarder la part des variations d'activité expliquée par la saisonnalité dans les variations totales d'activité.

$$\text{Part prévisible des variations d'activité} = \frac{V(S_t)}{V(Y_t)}$$

La formule est parfaite mais le problème reste entier. Nous ne connaissons, en effet, de nos entreprises que le mouvement observé des ventes. Aucune ne nous a simultanément fourni le mouvement prévu de ses ventes (qui, aux erreurs de prévision près, correspond aux valeurs de S_t).

⁴⁵ on suppose que la tendance est identifiable et parfaitement estimée

⁴⁶ Le terme "saisonnier" ne fait pas ici référence à une saison classique. Un mouvement qui se reproduit à l'identique par exemple tous les lundis de l'année est saisonnier.

⁴⁷ Il n'y a en effet aucune raison de penser que l'aléa est corrélé à la saisonnalité.

Pour avancer dans la direction souhaitée, il nous fallait donc reconstituer ce que pouvait être ce mouvement en nous servant exclusivement des données collectées.

Méthodes pour identifier le mouvement saisonnier

Nous l'avons fait en nous servant du fait que deux méthodes sont le plus souvent utilisées pour identifier le mouvement saisonnier de l'activité. La première, basée sur l'hypothèse que certains établissements peuvent être touchés par les mêmes variations d'environnement, est de prévoir par analogie. La deuxième, basée cette fois sur le fait que les variations saisonnières se reproduisent à l'identique d'une année sur l'autre dans l'entreprise, est de prévoir par extrapolation en utilisant l'activité passée de l'entreprise comme prédiction de son activité future.

Nous ferons, dans un premier temps, comme si chacune de nos entreprises se servaient des données portant sur les autres pour identifier leur mouvement saisonnier. Puis nous utiliserons la technique de l'extrapolation pour les entreprises sur lesquelles nous disposons de plus d'une année d'observation.

2.1. Prévision des fluctuations d'activité par analogie

L'idée sous-jacente à cette méthode de prévision de l'activité est que certaines entreprises, voire toutes, connaissent le même mouvement saisonnier de leur activité et que le mouvement s'y ajoutant est aléatoire. Le mouvement saisonnier est, sous cette hypothèse, égal au mouvement moyen de l'activité des entreprises "similaires" et le mouvement aléatoire est, quant à lui, égal aux variations autour de ce mouvement moyen.

Identification du mouvement saisonnier⁴⁸

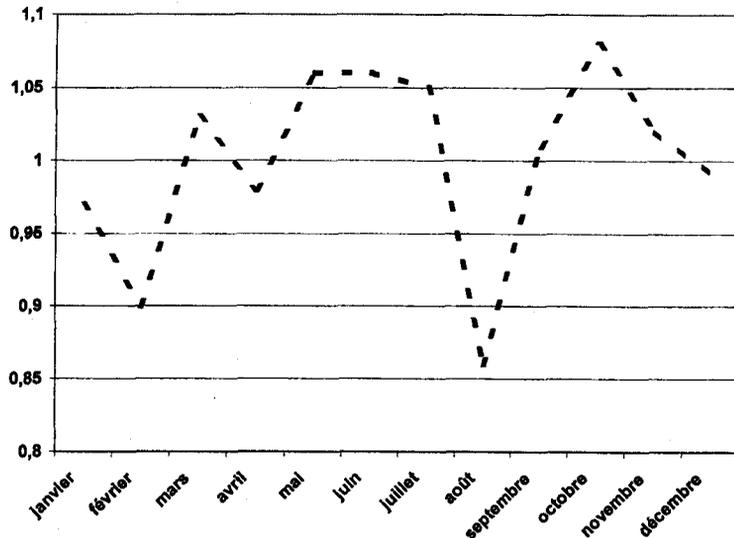
Afin d'identifier le mouvement saisonnier, nous avons pour chaque établissement et chaque mois calculé l'écart d'activité à la moyenne d'activité annuelle⁴⁹ et avons pris la moyenne mensuelle des coefficients ainsi obtenue.

⁴⁸ nous avons travaillé sur les séries statistiques des 105 établissements de notre base corrigées de la tendance

⁴⁹ Concernant les établissements pour lesquels nous avons plusieurs périodes d'observation, nous avons pris la moyenne des écarts relatifs à la moyenne d'activité annuelle.

Les écarts-types associés à chacun des coefficients mensuels moyens d'activité (Cf. tableau 2.9.) – représentant le profil moyen d'activité (cf. graphique 2.6.) – sont cependant assez élevés et laissent ainsi penser qu'il n'existe pas un mouvement saisonnier "unique" identique pour tous les établissements.

**Graphique 2.6.
Schéma moyen de la saisonnalité**



**Tableau 2.9.
Schéma moyen de la forme des fluctuations
et dispersion des établissements autour de ce schéma**

	Coefficient	Ecart-type
Janvier	0,97	0,25
Février	0,90	0,19
Mars	1,03	0,23
Avril	0,98	0,18
Mai	1,06	0,28
Juin	1,06	0,26
Juillet	1,05	0,24
Août	0,86	0,28
Septembre	1,01	0,22
Octobre	1,08	0,20
Novembre	1,02	0,29
Décembre	0,99	0,38

Afin de voir s'il existe plusieurs "schémas saisonniers" caractéristiques de l'activité des différents établissements de notre base, nous avons donc opéré un algorithme de classification hiérarchique à ces 105 établissements. Nous avons

utilisé une méthode de type ascendante et plus précisément le critère de Ward. Cette technique opère par fusions successives de sous-ensembles de l'ensemble à classifier sur la base des distances euclidiennes qui les séparent. La ressemblance d'un même groupe doit être la plus grande possible et les différents groupes les plus distincts possibles. Opérer par classification pour identifier les éventuels mouvements saisonniers comporte l'avantage de ne pas partir d'une idée a priori de ressemblance ou dissemblance entre établissements.

Nous avons tout de même intégré les variables de taille et de secteur d'activité en variables illustratives⁵⁰ afin de voir si éventuellement certaines classes peuvent regrouper des établissements d'un secteur particulier ou d'une taille spécifique⁵¹.

De la classification hiérarchique se dégage une partition en quatre classes assez robustes⁵² qui permet de penser qu'il existe quatre mouvements saisonniers possibles.

L'étude de ces quatre profils d'activité a permis de mettre en évidence deux types d'entreprises : des entreprises pour lesquelles l'activité saisonnière est à peine perceptible et des entreprises pour lesquelles au contraire un mouvement saisonnier très net se dégage.

Cependant, même pour les entreprises du deuxième type, qui connaissent de fortes variations saisonnières d'activité, l'activité reste assez stable sur plusieurs mois avant de connaître une autre variation. Nous allons donc présenter ici de manière un peu schématique les quatre profils d'entreprises mis en évidence grâce à la typologie. Lorsque les coefficients saisonniers sont peu différents au cours d'une période de plusieurs mois, nous présenterons la moyenne arithmétique de ces coefficients sur la période.

⁵⁰ Elles ne sont pas prises en compte dans le calcul des distances entre établissements mais sont présentées si elles distinguent significativement une classe.

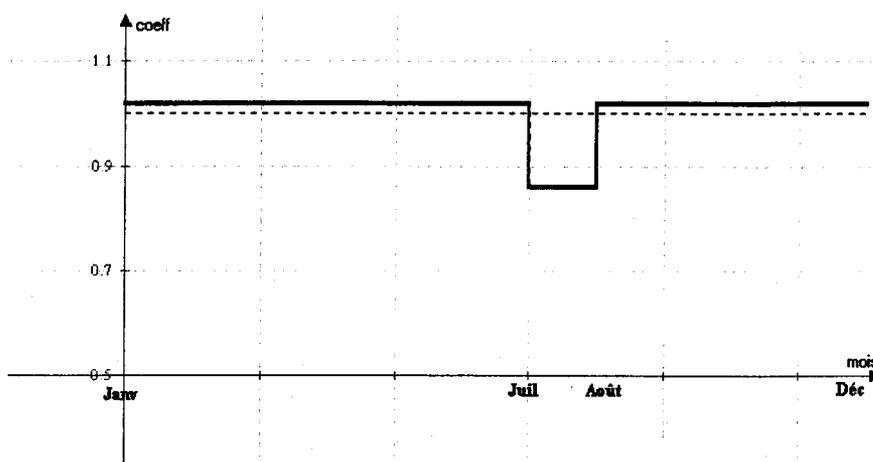
⁵¹ Si le plus souvent une analyse en composantes principales s'avère utile pour définir le nombre d'axes factoriels à garder pour la typologie et ainsi restreindre le nombre de variables à utiliser aux plus pertinentes, elle ne semble pas nécessaire ici dans la mesure où la classification ne se fait que sur la base de 12 variables.

⁵² Les classes ne varient que très peu. En testant une partition en un nombre de classes plus important, seuls un ou deux établissements se détachent d'une des classes pour en former une à lui seul.

Les établissements à activité peu saisonnière

Cette première classe regroupe en fait des activités soumises à des fluctuations saisonnières peu marquées. Hormis le creux de la période de congés en août, l'activité oscille à peine autour de la moyenne annuelle d'activité. Cette classe est très largement dominante puisque 60% des établissements de notre base y appartiennent. Dans cette classe, il semble donc que les fluctuations subies sont principalement imprévisibles.

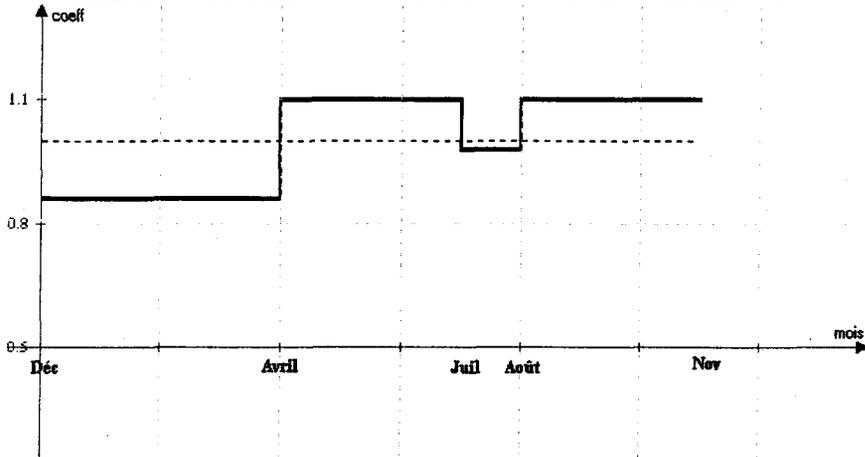
Graphique 2.7.
Mouvement saisonnier des établissements de la classe 1



Une saisonnalité en deux temps de type basse et haute saisons

La deuxième classe est constituée de 27 établissements de notre base. Hormis le creux d'août, une saisonnalité en deux temps se dégage (Cf. graphique 2.8.) : une période de faible activité de décembre à avril de l'ordre de 15% en dessous de la moyenne annuelle d'activité et une période de plus forte activité de mai à novembre cette fois 10% supérieure à la moyenne d'activité.

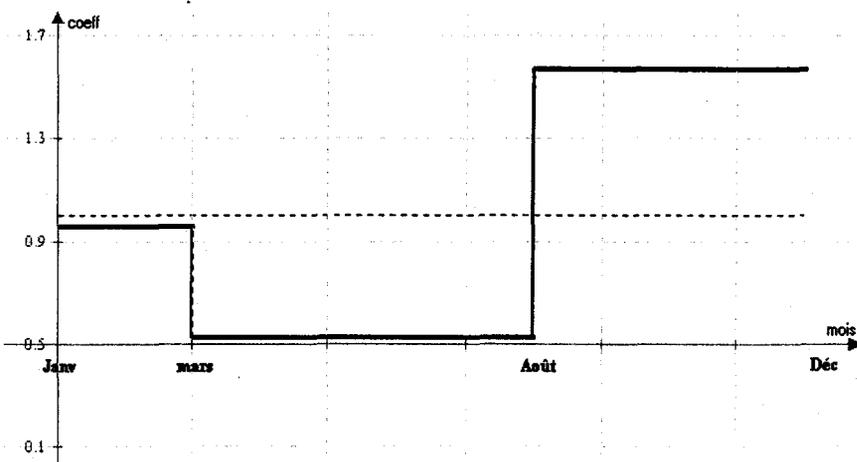
Graphique 2.8.
Mouvement saisonnier des établissements de la classe 2



Une saisonnalité en trois temps de type basse, moyenne et haute saisons

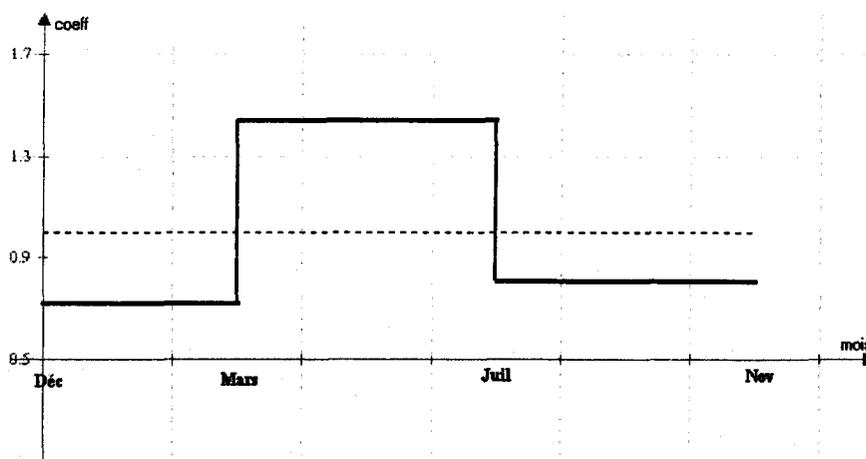
L'activité des entreprises appartenant à la troisième classe connaît un profil saisonnier moins fréquent (puisque'il concerne 4 établissements de notre base). Ces entreprises se caractérisent par une activité proche de la moyenne en début d'année (de janvier à mars) puis par un creux d'activité de forte ampleur de avril à août (l'activité est près de 50% en dessous de la moyenne d'activité) suivi d'un pic d'activité également de forte ampleur de septembre à décembre (de plus de 50% supérieure à la moyenne).

Graphique 2.9.
Mouvement saisonnier des établissements de la classe 3



Quant au quatrième mouvement saisonnier, caractéristique de 10 établissements de la base, il est quasiment opposé au précédent : une activité inférieure à la moyenne annuelle d'activité de 30% de décembre à mars, un pic d'activité de avril à juillet (activité 1.4 fois plus importante que la moyenne), puis de nouveau un creux de août à novembre (activité 20% en dessous de la moyenne).

Graphique 2.10.
Mouvement saisonnier des établissements de la classe 4



L'analyse typologique des 105 établissements a ainsi permis de mettre en évidence trois types d'entreprises : des entreprises qui connaissent un mouvement saisonnier à peine perceptible (absence de mouvement saisonnier), des entreprises qui connaissent un mouvement saisonnier de leur activité de type basse et haute saisons et des entreprises dont le mouvement saisonnier de leur activité est de type basse, moyenne et haute saisons.

Prévisibilité des variations d'activité

A l'intérieur des quatre classes que nous avons mises en évidence, nous pouvons alors estimer la part prévisible des variations d'activité pour chaque établissement. Cette part est d'autant plus importante que le mouvement saisonnier paraît marqué.

Exprimée en variance, la part expliquée des variations d'activité est de l'ordre du quart dans la première classe, du tiers dans la seconde et des deux tiers dans

la troisième et la quatrième. On note cependant une certaine hétérogénéité individuelle. Ainsi, dans classe 1, la part des mouvements prévus va de 2% à 64% et elle va de 10% à 64% dans la classe 2.

Qu'est-ce qui fonde l'analogie ?

Prévoir le mouvement saisonnier des entreprises par analogie est ainsi possible. Cependant, trouver l'objet analogue ne semble pas évident – c'est la première limite de cette méthode de prévision. En effet, si l'on regarde la répartition des établissements à l'intérieur des classes (Cf. encadré 2.2.), les établissements ne semblent pas répartis en fonction de caractéristiques communes concernant le secteur d'activité ou la taille.

**Encadré 2.2.
Répartition des établissements dans les différentes classes**

Les établissements se répartissent comme suit à l'intérieur des quatre classes :

Répartition des établissements dans les différentes classes en fonction de leur secteur d'activité

		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Nombre d'établissements	Total	64	27	4	10
	SPM	47	16	4	6
	Ind	7	4	0	0
	Constr	0	6	0	1
	SA	10	1	0	3

Répartition des établissements dans les différentes classes en fonction de leur taille

		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Nombre d'établissements	Total	64	27	4	10
	Tail1	28	0	0	1
	Tail2	13	14	4	5
	Tail3	3	3	0	1
	Tail4	4	7	0	1
	Tail5	14	3	0	2
	Tail6	2	0	0	0

Seule la classe 2 réunit des établissements dont l'activité est fortement influencée par les variations climatiques. On trouve, dans cette classe, 6 des 7 établissements du secteur de la construction. Le schéma saisonnier – une

période de faible activité de décembre à avril et une période de plus forte activité de mai à novembre – n'est guère surprenant pour des entreprises du secteur de la construction dont l'offre est fortement soumise aux facteurs climatiques. Ainsi, l'activité de ce type d'entreprises se fait principalement au cours de la belle saison. L'argument avancé par Agnès et al. (1988) selon lequel les entreprises de travaux publics seraient également confrontées à une "saisonnalité d'origine institutionnelle" – tributaires en grande partie des financements publics – s'avère également tout à fait cohérent avec le profil obtenu. Les budgets étant rarement votés avant fin mars, les travaux ne commencent généralement pas avant les mois de mai-juin et doivent être achevés avant la fin de l'année civile.

Cette interprétation du profil saisonnier de cette classe comme principalement lié au cycle de la construction se renforce si l'on étudie plus en détail les autres établissements appartenant à cette classe. Trois établissements industriels (sur les 4 présents) ont une activité fortement liée à la construction puisqu'ils fabriquent des matériaux de construction et 5 établissements (sur les 16 établissements appartenant au secteur des services principalement marchands) sont, quant à eux, dans la vente de matériaux de construction. La baisse de l'offre des entreprises de la construction se répercute ainsi sur la demande qui s'adresse à ces établissements. Ils sont donc, également soumis, par ce biais, aux variations climatiques et à la saisonnalité des financements publics.

Hormis la similitude des variations d'environnement prévisibles subies par les établissements de la classe 2, rien ne permet de faire un rapprochement des établissements des autres classes sur la base de variations d'environnement communes.

La deuxième limite de cette méthode de prévision réside dans l'accès à l'information : même si l'entreprise réussit à déceler un objet analogue, encore faut-il qu'elle connaisse les caractéristiques inhérentes à cet objet pour prévoir son besoin d'adaptation.

Si cette méthode est dans la plupart des cas inadaptée, elle peut par contre être très intéressante pour un nombre limité d'entreprises. On pense tout particulièrement aux entreprises ayant plusieurs établissements de même activité et pour lesquels il y a cette fois de forte raison de penser qu'ils sont, d'une part, soumis

aux mêmes variations d'environnement et, d'autre part, que ces dernières se répercutent de manière similaire sur la demande des établissements.

Nous avons pu justement étudier un très bel exemple de ce genre au-delà du matériau utilisé dans la base. Il s'agit d'une entreprise du secteur bancaire qui possède 45 points de vente dans deux agglomérations très proches pour lesquels nous disposions du nombre d'opérations effectuées aux guichets chaque demi-journée de juillet à décembre 2000. De cette étude de cas, présentée en appendice à ce chapitre, nous retiendrons qu'elle aboutit également à des parts de variations prévues différentes selon les établissements et du même ordre de grandeur : la variance du mouvement prévue représente 20 à 60% de la variance du mouvement observé.

Ce résultat renforce les premières conclusions que l'on peut tirer de notre travail. Les variations d'environnement que connaissent les entreprises sont pour un certain nombre d'entre elles assez prévisibles. Un mouvement saisonnier – d'ailleurs finalement peu heurté puisqu'il peut se résumer à trois phases sur l'année – anime leur demande. Mais pour la majorité, les fluctuations paraissent beaucoup plus erratiques et semblent défier toute possibilité de prévision. Mais ce ne sont là que des conclusions provisoires qui peuvent tenir à la méthode et au matériau utilisés. Une prévision extrapolative donne-t-elle les mêmes résultats ?

2.2. Prévision des fluctuations d'activité par extrapolation

Comme nous l'avons vu en introduction de cette section, si dans l'idéal les entreprises pouvaient connaître le mouvement saisonnier de leur activité, nous n'aurions pas de problème pour déterminer la part prévisible (ou la part imprévisible) des variations d'activité.

Si l'on suppose que les deux mouvements composant l'activité (saisonnier et aléatoire) sont parfaitement indépendants, alors $V(Y_t) = V(S_t) + V(\varepsilon_t)$. On obtient immédiatement que la part prévisible des variations d'activité est égale à $\frac{V(S_t)}{V(Y_t)}$ (ou que la part imprévisible est égale à $\frac{V(\varepsilon_t)}{V(Y_t)}$).

Dans la réalité, les firmes ne peuvent qu'estimer leur mouvement saisonnier. La variance du mouvement imprévu se décompose alors en deux parties additives:

la variance du mouvement aléatoire et la variance de l'erreur d'estimation du mouvement saisonnier.

$$V\left(Y_t - \hat{S}_t\right) = V(\varepsilon_t) + V\left(S_t - \hat{S}_t\right)$$

où \hat{S}_t est l'estimation par la firme de son mouvement saisonnier.

La part imprévue du mouvement (i.e. l'erreur de prévision du mouvement) s'exprime dès lors comme suit :

$$\frac{V\left(Y_t - \hat{S}_t\right)}{V(Y_t)}$$

On voit immédiatement ici que plus la firme fait une erreur importante dans l'estimation de son mouvement saisonnier, plus la variance du mouvement imprévu sera élevée.

Généralement, pour identifier le mouvement saisonnier de leur activité, les firmes se basent sur leur activité passée. Rares sont cependant les entreprises qui possèdent un historique de leur activité sur longue période, soit parce qu'elles n'existent pas depuis très longtemps – les mouvements de création et de disparition d'entreprises ne sont pas négligeables – soit parce qu'elles ne voient pas toujours l'utilité de conserver des données qui "datent". Nous ne disposons d'ailleurs nous-même pas d'un historique très long dans les données que nous avons réussi à collecter.

Ainsi, lorsque l'entreprise sait que son activité connaît un mouvement saisonnier, elle utilise très souvent seulement les données de l'année précédente pour prévoir les données de l'activité courante. C'est ce procédé que nous utiliserons.

Dans la mesure où il faut au minimum deux périodes complètes de données par établissement pour utiliser ce procédé d'estimation, notre analyse portera sur 42 des 105 établissements que nous avons étudiés précédemment (Cf. encadré 2.3. pour la présentation de ces 42 établissements).

Encadré 2.3.

Présentation de la base de données pour l'étude de la prévisibilité de l'activité par extrapolation

On trouve ici une base un peu plus homogène concernant le secteur d'activité d'appartenance des établissements. Hormis le secteur de la construction, tous les secteurs sont à peu près également représentés.

Nombre d'établissements par secteur d'activité

Secteur	Industrie	Construction	Services administrés	Services principalement marchands
Nombre d'établissements	10	4	14	14

Concernant la taille des établissements, nous trouvons une proportion d'établissements de grande taille relativement plus importante que dans notre étude antérieure. Ces entreprises semblent garder plus facilement leurs statistiques que les petites entreprises qui ne sont parfois même pas équipées d'ordinateur.

Nombre d'établissements par taille

Taille	≤10 salariés	10 < salariés ≤ 50	50 < salariés ≤ 100	100 < salariés ≤ 200	200 < salariés ≤ 500	salariés > 500
Nbre d'établ.	3	13	5	3	18	0

Quant au nombre de périodes d'observation, pour la majorité des établissements, nous avons plus de 4 périodes d'observation.

Nombre d'établissements selon le nombre de périodes d'observation

Nbre de périodes (en année)	2	3	4	7	8	10
Nbre d'établissements	10	13	15	1	2	1

Nous procéderons en deux temps. Dans un premier temps, nous tenterons d'isoler les établissements dont l'activité connaît un mouvement saisonnier. Puis dans un deuxième temps nous déterminerons pour chaque établissement, la part imprévue de ses variations d'activité quand on utilise le procédé de prévision indiqué.

Pour isoler les établissements dont l'activité connaît un mouvement saisonnier, nous ferons l'hypothèse que l'entreprise pense que son activité connaît un mouvement saisonnier si elle s'est aperçue que par le passé cette façon de

prévoir (utiliser les données de l'année précédente) était bonne. Cela veut dire que la firme fait une erreur de prévision plus faible en supposant son activité identique à l'activité constatée de l'année précédente qu'en la supposant sans mouvement saisonnier. On aboutit donc au critère suivant :

$$\sum (Y_t - Y'_t)^2 \leq \sum (Y_t - \bar{Y})^2 \Leftrightarrow \begin{array}{l} \text{La firme pense être sujette à} \\ \text{un mouvement saisonnier} \end{array}$$

où Y'_t est l'activité constatée pour la même période de l'année précédente.

Quand cette inéquation sera vérifiée, on dira que le mouvement saisonnier est "avéré". Par contre, quand elle ne le sera pas, comme cela peut éventuellement provenir d'une mauvaise identification du mouvement par la firme, on dira que le mouvement saisonnier est "douteux".

Pour chacune des entreprises, nous estimerons alors l'importance du mouvement imprévu (c'est à dire la variance de l'erreur de prévision du mouvement).

Pour les firmes dont le mouvement saisonnier est "douteux", cette variance est égale à :

$$\frac{1}{n} \sum (Y_t - \bar{Y})^2$$

Pour les firmes dont le mouvement saisonnier est "avéré", elle est égale à :

$$\frac{1}{n} \sum (Y_t - Y'_t)^2$$

Comme la variance totale du mouvement est, quant à elle, égale à :

$$\frac{1}{n-1} \sum (Y_t - \bar{Y})^2$$

nous pourrons estimer la part prévisible de l'activité de ces établissements comme suit :

$$1 - \frac{\sum (Y_t - Y_t')^2}{\sum (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Cette part est égale à zéro pour les établissements dont le mouvement saisonnier est douteux.

L'existence d'un mouvement saisonnier semble avérée pour près des 2/3 des établissements

L'application des critères que nous avons présentés aux 42 établissements conduit à séparer ceux-ci en deux groupes très inégaux.

Pour quinze d'entre eux, l'existence d'un mouvement saisonnier peut être discutée puisque l'extrapolation des fluctuations de l'année précédente n'améliore pas le pronostic sur l'activité mensuelle (mouvement saisonnier douteux). Pour les vingt-sept autres, cette amélioration de pronostic se produit, ce qui semble une raison suffisante pour conclure à l'existence d'un mouvement saisonnier (mouvement saisonnier avéré).

La répartition sectorielle de ces établissements semble assez contrastée. Ainsi, la quasi-totalité des établissements du secteur des services administrés tombe dans la catégorie des "mouvements avérés". Par contraste, trois sur quatre des établissements de la construction ne sont pas dans ce cas.

Ce constat qui pourrait faire douter de l'existence d'un mouvement saisonnier pour ce secteur doit être immédiatement relativisé. Outre que la statistique ne porte que sur 4 établissements, il faut rappeler que notre critère est défavorable aux cas où, au mouvement saisonnier, se superpose un mouvement aléatoire important. Il n'est pas invraisemblable de penser que c'est le cas pour le secteur du bâtiment de sorte que notre statistique doit plutôt nous renforcer dans l'idée que la proposition de 2/3 d'établissements connaissent un mouvement saisonnier est un minorant du véritable pourcentage.

Tableau 2.10.
Répartition des établissements selon le secteur d'activité
en fonction de la présence ou non d'un mouvement saisonnier avéré de l'activité

	Industrie	Construction	Services administrés	Services principalement marchands	Total
Mouvement saisonnier "douteux"	6	3	1	5	15
Mouvement saisonnier "avéré"	4	1	13	9	27
Total	10	4	14	14	42

On peut interpréter de la même manière le fait que les établissements de grande taille (de 200 à 500 salariés) ont, d'après cette étude, une activité saisonnière plus avérée que les plus petites. Cette différence peut en effet être en partie imputée au fait que le mouvement saisonnier est mieux identifié pour les grandes entreprises que pour les petites dans la mesure où l'aléa intégré à l'estimation du mouvement saisonnier est en principe relativement plus faible (loi des grands nombres).

Tableau 2.11.
Répartition des établissements selon la taille
en fonction de la présence ou non d'un mouvement saisonnier avéré de l'activité

Taille	≤10 salariés	10 < salariés ≤ 50	50 < salariés ≤ 100	100 < salariés ≤ 200	200 < salariés ≤ 500	salariés > 500
Mouvement saisonnier "douteux"	1	7	3	2	2	-
Mouvement saisonnier "avéré"	2	6	2	1	16	-
total	3	13	5	3	18	-

Une erreur de prévision plus importante dans les secteurs de l'industrie et de la construction

En tenant compte de la présence d'un éventuel mouvement saisonnier, les firmes feraient donc en moyenne une erreur de prévision de leur l'activité de 17,7% (0,141). Elle serait cependant plus importante dans les secteurs de la construction et de l'industrie que dans les secteurs tertiaires mais pas significativement différente d'une taille d'entreprise à une autre.

Tableau 2.12.
Moyenne de l'écart-type de l'erreur relative de prévision
selon le secteur d'activité des établissements

Secteur	Industrie	Construction	Services administrés	Services principalement marchands
Moyenne de l'écart type de l'erreur de prévision	25,1% (0,176)	33,7% (0,106)	11,3% (0,043)	14,2% (0,126)

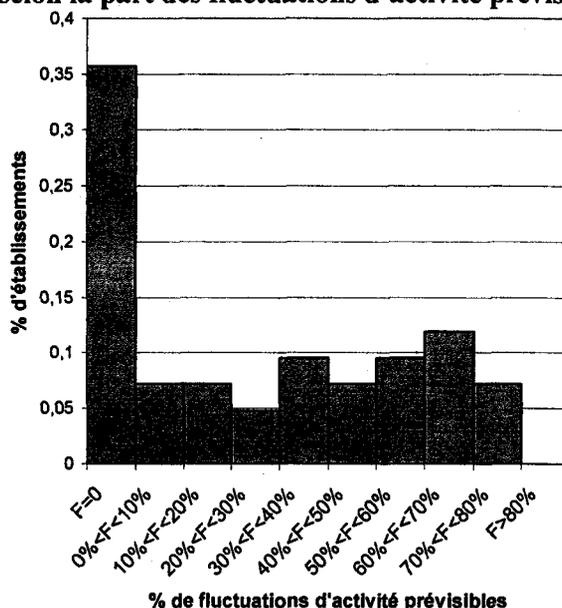
Tableau 2.13.
Moyenne de l'écart-type de l'erreur relative de prévision
selon la taille des établissements

Taille	≤10 salariés	10 < salariés ≤ 50	50 < salariés ≤ 100	100 < salariés ≤ 200	200 < salariés ≤ 500	salariés > 500
Moyenne de l'écart-type de l'erreur de prévision	10,1% (0,034)	25,1% (0,175)	25,1% (0,165)	21,9% (0,115)	10,8% (0,050)	-

Part prévisible des variations d'activité

Si pour 15 établissements les fluctuations d'activité sont totalement imprévisibles, on prévoit en moyenne, pour les 27 autres restants, 42,8% de leurs fluctuations d'activité. Ainsi, la part prévisible moyenne des fluctuations d'activité est de 27,5%. L'écart-type associé est cependant relativement élevé (0,275). Si l'on regarde la répartition des 42 établissements selon la part des fluctuations d'activité prévisibles, on voit en effet qu'il existe une forte hétérogénéité des situations.

Graphique 2.11.
Distribution des établissements
selon la part des fluctuations d'activité prévisibles



Les services administrés et principalement marchands – qui avaient déjà une activité plus prévisible que les secteurs de l'industrie et de la construction – semblent également connaître des fluctuations d'activité plus prévisibles. Cependant, les différences observées ne sont pas significatives.

Tableau 2.14.
Part prévisible des fluctuations d'activité
selon le secteur d'activité des établissements

Secteur	Industrie	Construction	Services administrés	Services principalement marchands
Part prévisible des fluctuations d'activité	15,6% (0,267)	12,7% (0,220)	37,6% (0,241)	30,2% (0,277)

Il en va de même pour la taille, aucune différence significative n'existe concernant la part prévisible des fluctuations d'activité.

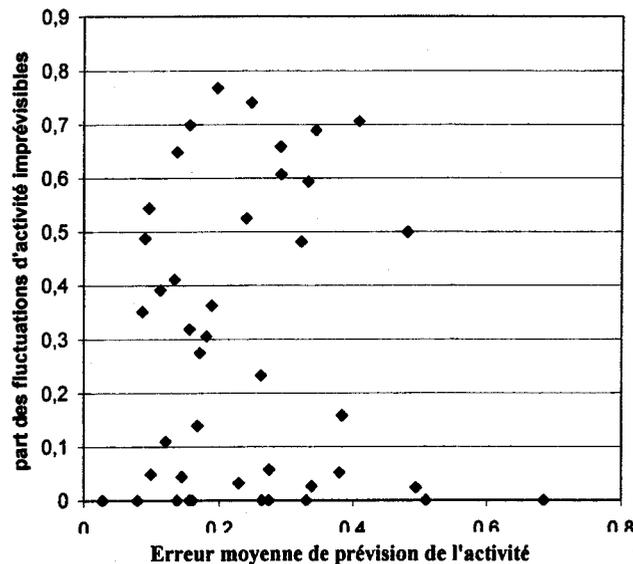
Tableau 2.15.
Part prévisible des fluctuations d'activité
selon la taille des établissements

Taille	≤10 salariés	10 < salariés ≤ 50	50 < salariés ≤ 100	100 < salariés ≤ 200	200 < salariés ≤ 500	salariés > 500
Part prévisible de l'activité	14,4% (0,141)	17,7% (0,253)	12,9% (0,196)	12,1% (0,171)	43,5% (0,255)	-

Aucune corrélation entre l'ampleur des fluctuations et leur prévisibilité

Intuitivement, on aurait pu penser que plus les établissements connaissent des fluctuations d'activité importantes, plus la part prévisible des fluctuations est importante. Le graphique 2.12. dément fermement cette intuition. Il n'existe aucune corrélation entre l'ampleur des fluctuations et leur prévisibilité.

Graphique 2.12.
Relation entre l'ampleur des fluctuations d'activité et leur imprévisibilité



CONCLUSION

L'étude empirique menée dans ce chapitre permet de tirer un certain nombre de constats concernant le besoin d'adaptation des firmes.

Si l'on devait résumer en une phrase ce besoin, on dirait qu'il est globalement important mais très variable d'une firme à l'autre.

Sur les 105 établissements étudiés le coefficient de variation moyen obtenu est de 23,7%. Ramené à une mesure d'étendue, cela correspond à des amplitudes de fluctuations de l'ordre du simple au triple sur l'année.

Néanmoins, les situations sont très contrastées : l'éventail des coefficients de variation va de moins de 5% à plus de 60% selon l'entreprise. Certaines entreprises sont ainsi soumises à de fortes variations de demande sur l'année alors que pour d'autres, tout de même minoritaires, ces dernières sont à peine perceptibles.

Les entreprises les plus touchées sont sans conteste celles de l'industrie et de la construction avec des coefficients de variation de plus de 30%. L'ampleur des variations infra-annuelles d'activité est, pour les entreprises de ces secteurs, 1.5 fois plus importante que dans les services.

D'après notre étude, la taille déterminerait également en partie l'importance du besoin d'adaptation. Les entreprises de petite taille seraient ainsi soumises à des fluctuations de plus faible ampleur. Ce constat doit cependant être pris avec plus de précaution. On peut en effet suspecter pour ce type d'entreprise une plus grande difficulté à s'adapter. Les moindres variations d'activité traduiraient ainsi plus le manque de flexibilité de ces entreprises que des amplitudes de fluctuations de demande plus faibles.

Concernant la nature des variations d'environnement subies par les firmes, elle diffère également fortement d'une entreprise à l'autre.

On peut avancer que plus de deux tiers des établissements connaissent un mouvement saisonnier de leur activité et que ce mouvement peut être considéré comme assez simple puisqu'il se résume au plus à deux variations sur l'année. Ainsi, parmi les entreprises connaissant un mouvement saisonnier de leur activité, certaines entreprises ont une activité prévisible de type basse et haute saison – schéma caractéristique d'entreprises touchées directement ou indirectement par le cycle de la construction – et d'autres une activité prévisible de type basse, moyenne et haute saison.

Ce qui différencie réellement ces mouvements, c'est la date à laquelle se produisent les variations et surtout l'ampleur de ces variations. Ainsi, pour certaines entreprises, l'activité peut doubler d'une période à l'autre (classe 3), alors que pour d'autres, elle ne variera que de 25% (classe 2).

Malgré cette existence avérée d'un mouvement saisonnier pour 2/3 des établissements, la part prévisible des fluctuations d'activité reste cependant minoritaire. Elle ne dépasse pas en moyenne le tiers des fluctuations subies par les firmes avec néanmoins, encore une fois, une forte hétérogénéité entre firmes. Les fluctuations d'activité de certaines entreprises semblent complètement imprévisibles alors que, pour d'autres, elles peuvent être prévues à hauteur de 80%. La diversité des situations d'entreprises rencontrées semble

en grande partie due plutôt à la diversité des variations imprévisibles d'activité subies qu'à l'importance de leurs fluctuations saisonnières.

Mais, au-delà de ces diversités, ces faits montrent le caractère très général du besoin d'adaptation à des variations infra-annuelles de demande.

On aurait souhaité pouvoir en retracer l'histoire et mesurer l'évolution de ce besoin au cours de la période d'observation. On ne le peut faute de données de sorte que l'hypothèse, souvent avancée, d'une accentuation de l'ampleur des fluctuations et de leur plus grande imprévisibilité reste hors de nos possibilités de vérification.

Cette mise en perspective historique est par contre possible s'agissant des modalités d'adaptation choisies par les entreprises. C'est elle qui va nous occuper à présent.

APPENDICE
ETUDE SUR LA PREVISIBILITE
DES VARIATIONS INFRA-ANNUELLES D'ACTIVITE
D'UNE ENTREPRISE DU SECTEUR BANCAIRE

Nous disposons pour une entreprise du secteur bancaire qui possède 45 points de ventes dans deux agglomérations proches, le nombre d'opérations effectuées aux guichets chaque demi-journée de juillet à décembre 2000. Nous avons ainsi pu analyser la prévisibilité des variations infra-annuelles d'activité de chacun de ces points de vente par analogie.

Parmi ces points de vente, il existe deux modalités principales d'ouverture au public :

- du mardi au samedi matin
- du lundi au samedi matin

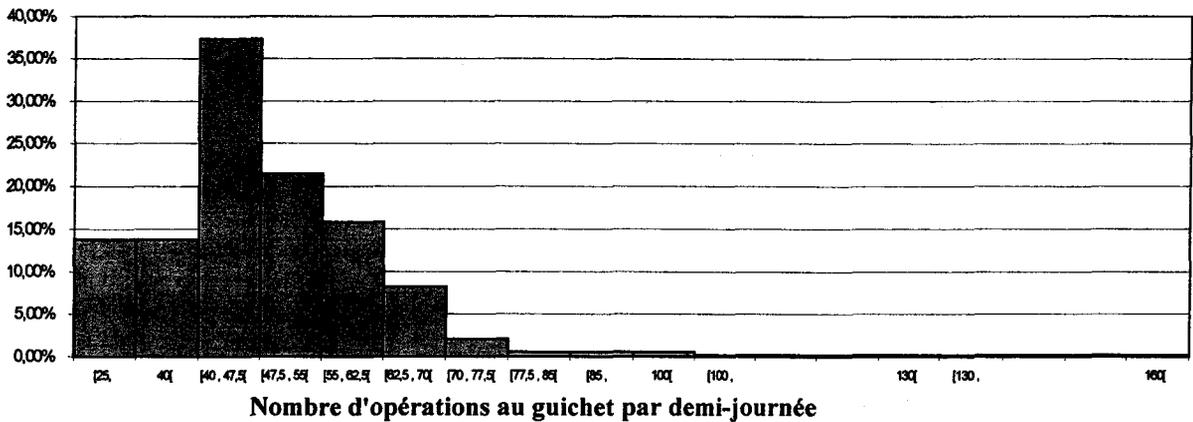
Nous avons donc regroupé les points de ventes en 2 catégories selon leurs modalités d'ouverture et analysé le point de vente moyen de chacune des 2 catégories⁵³.

La première catégorie – rassemblant 29 points de vente ouverts du mardi au samedi matin – réalise en moyenne 49 opérations par demi-journée. Le graphique suivant montre cependant que l'activité est assez fluctuante autour de cette moyenne. Les statistiques calculées le confirment : on obtient un coefficient de variation de 26.7% et une étendue relative de 2.36⁵⁴. Malgré les fluctuations enregistrées, l'activité semble peu concentrée : en moyenne, les points de vente de la catégorie 1 réalisent 72.3% de leur activité en 80% du temps.

⁵³ Un traitement préalable des données a été effectué : correction des valeurs aberrantes (retrait des plages horaires d'ouvertures matinales, retrait des demi-journées « normalement » fermées et comptant un nombre d'opérations aux guichets très faibles), estimation du nombre d'opérations réalisées aux guichets pour les données manquantes.

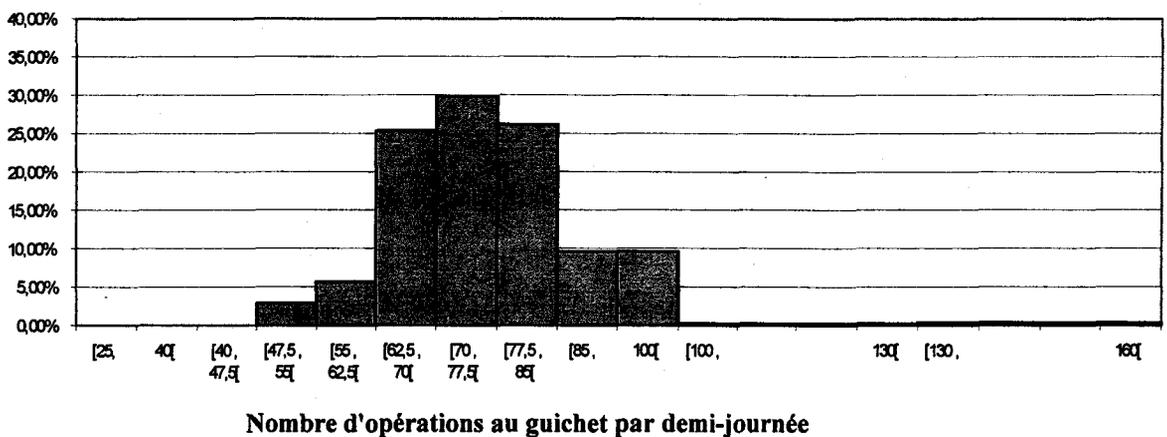
⁵⁴ L'étendue relative doit cependant être interprétée avec précaution. En effet, cette statistique se base uniquement sur les valeurs extrêmes : cette dernière dépend ici essentiellement du pic d'activité enregistré début août.

Graphique 2.13.
Distribution de l'activité du point de vente moyen de la catégorie 1



La deuxième catégorie – comportant 16 points de vente ouverts du lundi au samedi matin – réalise en moyenne 77 opérations par demi-journée. Elle regroupe donc des points de vente en moyenne plus grands que la catégorie 1. Si l'on regarde la distribution de l'activité du point de vente moyen de cette catégorie, on s'aperçoit que l'activité est aussi fluctuante.

Graphique 2.14.
Distribution de l'activité du point de vente moyen de la catégorie 2



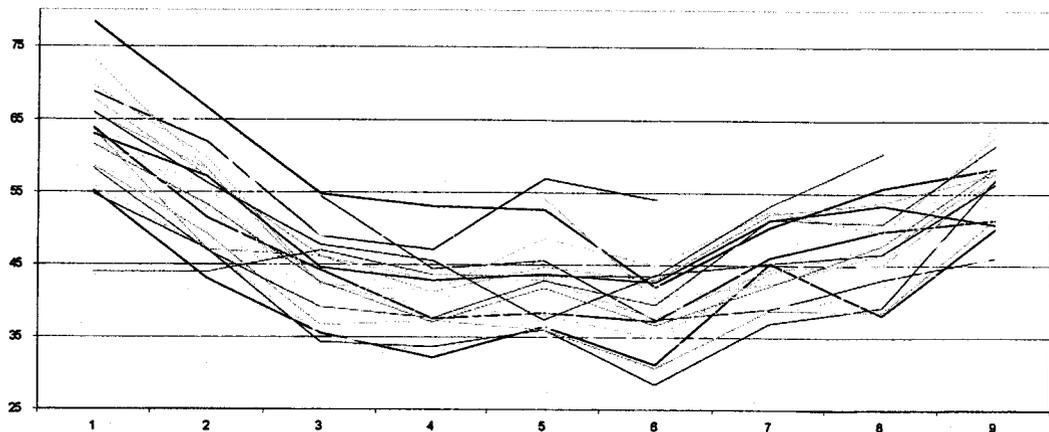
Cependant, les statistiques calculées concluent à une ampleur de fluctuations moins importante : on obtient un coefficient de variation de 18.4% et une étendue relative de 1.66 que l'on peut aussi expliquer par un pic d'activité

enregistré début août. En ce qui concerne la concentration de l'activité, elle est aussi assez faible : 75.1% de l'activité réalisée en 80% du temps.

Identification du mouvement saisonnier

Afin de savoir si l'activité de cette entreprise connaît un mouvement saisonnier, nous avons étudié l'activité de chaque catégorie par semaine puis par mois.

Graphique 2.15.
Evolution hebdomadaire de l'activité par demi-journée
du point de vente moyen de la catégorie 1



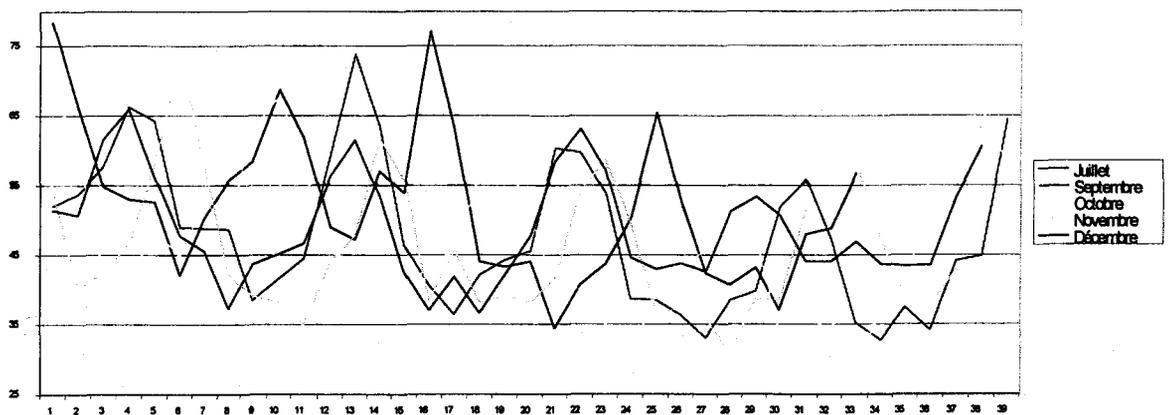
La superposition des graphiques de l'évolution de l'activité par semaine du point de vente moyen de la catégorie 1 met nettement en valeur une suite de mouvements hebdomadaires. Le nombre d'opérations au guichet est ainsi à son plus haut niveau la première demi-journée de la semaine, c'est-à-dire le mardi matin (avec 64 opérations en moyenne), pour redescendre à son plus bas le jeudi après-midi (38 opérations en moyenne) et enfin remonter en fin de semaine (56 opérations en moyenne le samedi matin).

Une analyse mensuelle de l'activité montre quant à elle difficilement une telle succession de cycles⁵⁵. L'activité paraît se disperser grossièrement autour d'une tendance. L'activité nous semble plus importante en début de mois (avec en moyenne 55 opérations pour les six premières demi-journées du mois) et plus faible en fin de mois (46 opérations pour les six dernières). Mais, nous

⁵⁵ On a exclu le mois d'août de notre analyse pour éviter que le pic d'activité des premières demi-journées de ce mois ne fausse la moyenne d'activité du début du mois.

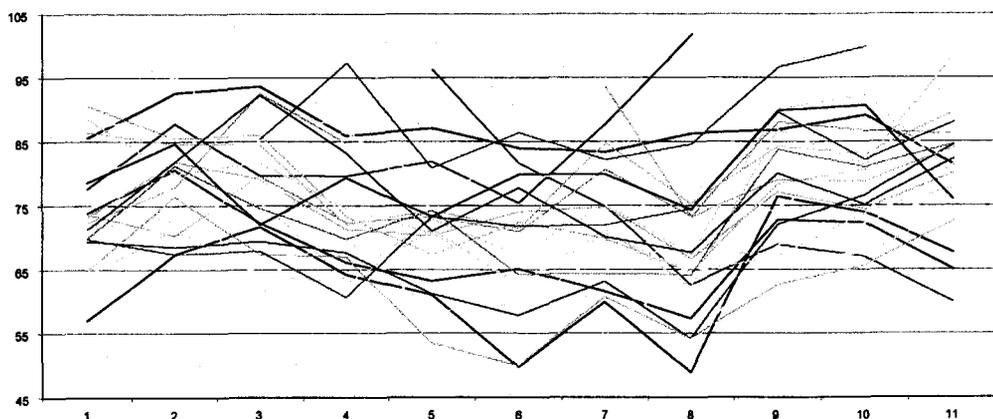
pouvons remarquer que cette tendance n'est pas nette. Les maxima et minima d'activité ne se rejoignent pas au même moment. En fait, ce défaut de régularité est principalement imputable à la superposition de plusieurs mouvements (mouvements mensuels, mouvements hebdomadaires).

Graphique 2.16.
Evolution mensuelle de l'activité par demi-journée
du point de vente moyen de la catégorie 1



Pour la catégorie 2, il est assez difficile de repérer le mouvement hebdomadaire comme le montre le graphique retraçant l'évolution de l'activité moyenne de chaque semaine.

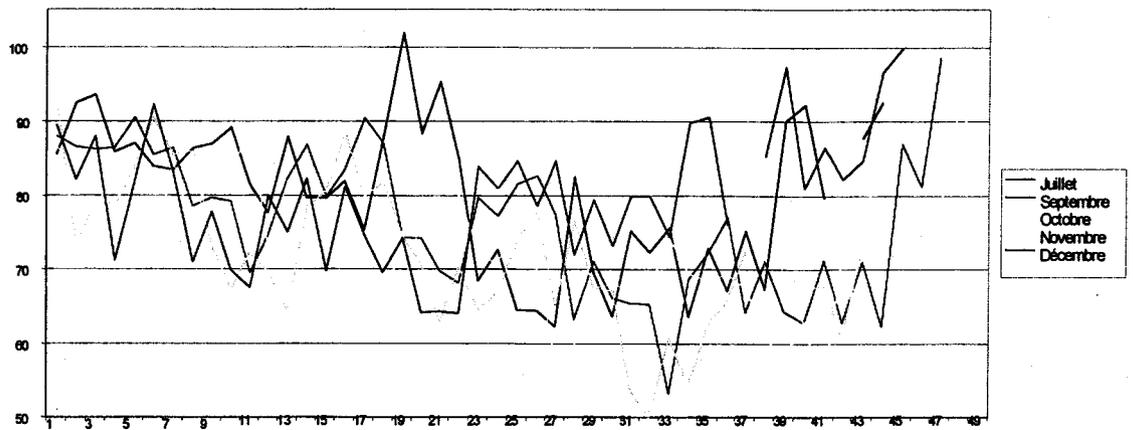
Graphique 2.17.
Evolution hebdomadaire de l'activité par demi-journée
du point de vente moyen de la catégorie 2



Quant au mouvement mensuel, il est peu visible graphiquement mais semble être régi par des principes simples : l'activité part de son plus haut niveau en

début de mois (avec une moyenne d'activité de 84 opérations au guichet pour les six premières demi-journées d'ouverture) pour redescendre à son plus bas niveau un peu après le milieu du mois (avec une moyenne d'activité de 71 opérations entre la 32^{ème} demi-journée d'ouverture à la 41^{ème}) pour atteindre enfin un niveau proche de celui de début de mois (avec 80 opérations au guichet pour les six dernières demi-journées d'ouverture).

Graphique 2.18.
Evolution mensuelle de l'activité par demi-journée
du point de vente moyen de la catégorie 2



Pour confirmer les premiers résultats auxquels nous aboutissons graphiquement et estimer le mouvement saisonnier de l'activité, nous avons effectué une analyse économétrique pour chacune des 2 catégories.

Le modèle de prévision que nous avons testé pour la catégorie 1 est un modèle multiplicatif dans lequel la période prise pour référence est l'après-midi des mercredis et jeudis du 1^{er} au 18 septembre. Ce modèle capte ainsi 89% de la variance du logarithme du nombre d'opérations au guichet. Il permet de tirer les conclusions suivantes : un point de vente réalise en moyenne lors de la période de référence 41 opérations par demi-journée. Le tableau présenté ci-dessous décrit les fluctuations d'activité des points de vente de la catégorie 1 par rapport à la période de référence⁵⁶ :

⁵⁶ On peut aussi noter certaines demi-journées où l'activité était significativement différente de celle de la période de référence : le 13 juillet (+ 19%), le premier août au matin (+ 91%), l'après-midi du 1^{er} août et le 2 août (+ 102%), le 3 août matin (+ 62%), le 16 août (+ 16%), le 12 septembre (+ 13%), le 22 décembre (+ 32%), le 26 décembre (- 17%) et le 29 décembre (+ 25%).

Périodes	% d'opérations réalisées en plus ou en moins par rapport à la période de référence
Mardi matin	+ 62%
Mardi après-midi	+ 39%
Mercredi, jeudi et vendredi matin	+ 9%
Vendredi après-midi	+ 15%
Samedi matin	+41%
Juillet	+ 10%
Novembre	- 3%
Fin de mois (à partir du 19)	- 12%
Première demi-journée d'ouverture du mois	+ 14%
Deuxième demi-journée d'ouverture du mois	+ 6%
Troisième demi-journée d'ouverture du mois	+ 4%
Dernière demi-journée d'ouverture du mois	+ 18%
Avant dernière demi-journée d'ouverture du mois	+ 12%
Antépénultième demi-journée d'ouverture du mois	+ 15%

Pour prévoir l'activité de la catégorie 2, on a testé un modèle à peu près équivalent. Il capte 71% de la variance du logarithme du nombre d'opérations au guichet par demi-journée. La période prise pour référence va du mardi après midi au jeudi après midi du 1^{er} au 18 septembre. On déduit de ce modèle les conclusions suivantes : un point de vente de la catégorie 2 réalise en moyenne 74 opérations par demi-journée lors la période de référence. Le tableau suivant décrit les fluctuations d'activité des points de vente de la catégorie 2 par rapport à la période de référence⁵⁷ :

Périodes	% d'opérations réalisées en plus ou en moins par rapport à la période de référence
Début de semaine (lundi matin et après-midi et mardi matin)	+ 9%
Fin de semaine (vendredi matin et après-midi et samedi matin)	+ 8%
Juillet	+ 6%
Août	- 8%
Novembre	- 5%
Fin de mois (à partir du 19)	- 11%
Première demi-journée d'ouverture	+ 7%
Deuxième demi-journée d'ouverture	+ 6%
Troisième demi-journée d'ouverture	+ 10%
Dernière demi-journée d'ouverture	+ 27%
Avant dernière demi-journée d'ouverture	+ 21%
Troisième demi-journée d'ouverture avant la dernière	+ 1%
Quatrième demi-journée d'ouverture avant la dernière	+ 13%
Cinquième demi-journée d'ouverture avant la dernière	+ 17%

⁵⁷ Certaines demi-journées avaient aussi une activité significativement différente de celle de la période de référence : le 13 juillet (+ 21%), le 1^{er} août au matin (+ 122%), l'après-midi du 1^{er} août et le 2 août (+ 108%), le 3 août matin (+ 59%), le 16 août (+ 30%), le 12 septembre (+ 15%), le 2 novembre au matin (+ 24%), le 22 décembre (+ 27%), le 26 décembre (+ 33%) et le 29 décembre (+ 11%).

Estimation de la part prévisible des variations d'activité

Les modèles déduits de l'analyse économétrique nous ont ainsi permis de mettre en évidence le mouvement saisonnier de chaque point de vente. A partir de ces deux mouvements saisonniers, nous avons ainsi pu estimer la part prévisible des variations d'activité. Les fluctuations d'activité des points de vente de la catégorie 1 sont en moyenne prévisibles à hauteur d'environ 40% (variant de 21% à 58% selon le point de vente). Quant aux variations d'activité des points de vente de la catégorie 2, elles sont en moyenne prévisibles à hauteur de 28% (variant selon le point de vente de 19,5% à 39,5%).

CHAPITRE 3

LE CHOIX D'ADAPTATION DE COURT TERME DES FIRMES

Face à un besoin infra-annuel d'adaptation important, la firme doit choisir les modalités à mettre en œuvre pour s'adapter. Cinq modalités d'adaptation sont en théorie envisageables : la flexibilité des prix, le stockage, le report de demande, le rationnement de demande et la flexibilité du travail et de l'emploi (Cf. chapitre 1).

La littérature semble cependant privilégier depuis les années 1980, et particulièrement depuis le milieu des années 1980⁵⁸, le recours à la flexibilité du travail et de l'emploi comme modalité normale d'adaptation.

Nous allons montrer dans ce chapitre que de manière simultanée à ce changement de ton de la littérature, des changements profonds se sont produits au niveau de l'utilisation des différentes modalités d'adaptation.

Dans la première section nous rappellerons la montée des formes flexibles d'emploi au cours de cette période en France et en Europe. Dans la deuxième section, nous montrerons que cette montée des formes flexibles d'emploi doit bien être interprétée comme le signe d'un changement de stratégie d'adaptation.

Après avoir écarté les autres motifs d'utilisation des formes flexibles d'emploi et le changement structurel de l'économie comme principales explications de ce développement, nous montrerons que ce dernier s'est accompagné d'une plus grande variabilité de la production et de l'emploi appuyant ainsi la thèse d'une utilisation plus importante de la flexibilité du travail et de l'emploi comme adaptation aux variations infra-annuelles de demande. Nous montrerons alors que, parallèlement à cette utilisation accrue de la flexibilité du travail et de

⁵⁸ date à partir de laquelle le nombre d'articles publiés sur le thème de la flexibilité est passé à 4.5% dans les domaines d'économie et gestion de la base Abi/Inform.

l'emploi, l'utilisation des autres modalités d'adaptation que sont le stockage et la flexibilité des prix ont eu tendance à diminuer.

1. LE DEVELOPPEMENT DE LA FLEXIBILITE DU TRAVAIL ET DE L'EMPLOI : UN PHENOMENE EUROPEEN

Cette première section se décomposera en deux points. Nous montrerons dans un premier temps le développement de toutes les formes d'adaptation relevant de la flexibilité du temps de travail en France. Puis dans un deuxième temps, nous montrerons le développement des formes d'adaptation relevant cette fois de la flexibilité externe. Nous verrons alors, pour conclure cette section, que ce phénomène n'est pas particulier à la France mais qu'il touche tous les pays européens.

1.1. Le développement de la flexibilité du temps de travail

Parmi les modalités d'adaptation permettant aux firmes de s'adapter aux variations de demande sans faire varier l'effectif qu'elles emploient – relevant ainsi de la flexibilité interne – on compte les heures supplémentaires, le chômage partiel, le travail à temps partiel et la modulation du temps de travail. Cette dernière modalité d'adaptation – qui permet aux entreprises de comptabiliser la durée effective de travail à un niveau annuel et ainsi d'éviter de payer des heures supplémentaires en période haute et de recourir au chômage partiel en période basse – ne s'est cependant développée en France que depuis fin 1993 avec la loi quinquennale relative au travail, à l'emploi et à la formation professionnelle. Nécessitant par ailleurs une négociation, ce sont les lois Aubry qui ont permis son essor. "2,6% de l'ensemble des établissements de l'enquête, employant 2,7% des salariés permanents à temps complet, ont déclaré être concerné par un accord d'annualisation de branche ou d'entreprise en 1994" (Le Corre, 1998) et seul 0,2% de l'ensemble des établissements ont déclaré l'avoir mis en œuvre. Cette stratégie – n'étant pas à l'origine du développement observé du thème de la flexibilité en gestion des ressources humaines, même si elle y contribue de nos jours – nous ne l'étudierons pas ici.

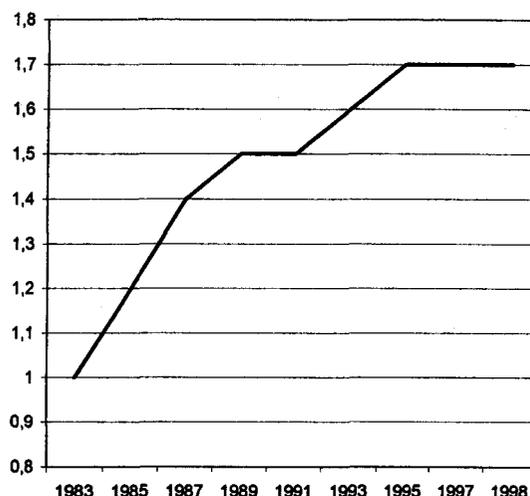
Le développement des heures "supplémentaires"

Les heures supplémentaires sont les heures effectuées au-delà de la durée légale de travail. La mesure des heures supplémentaires n'est pas évidente :

- dans les enquêtes faites auprès des établissements (ACEMO), les employeurs se basent généralement sur la durée conventionnelle, lorsqu'il en existe une. Ainsi, lorsque cette dernière est inférieure à la durée légale, les heures effectuées entre la durée conventionnelle et la durée légale sont comptabilisées comme des heures supplémentaires. En revanche, les heures supplémentaires récupérées sous forme de repos compensateurs et celles effectuées par les salariés rémunérés sur une base forfaitaire (cadres) n'y sont généralement pas comptabilisées, ni celles des salariés couverts par un accord de modulation du temps de travail.
- dans les enquêtes emploi où cette fois ce sont les salariés non cadres travaillant à temps complet dans une entreprise privée ou nationalisée qui sont interrogés, sont comptabilisées comme heures supplémentaires les heures effectuées au-delà de la durée habituelle : y sont donc incluses les heures donnant lieu à un repos compensateur, les heures de formation et également les périodes hautes de modulation
- seule l'enquête force de travail, réalisée auprès des ménages, comptabilise les heures supplémentaires non rémunérées mais se pose toujours le problème des heures de la modulation du temps de travail dans la mesure où cette enquête se fait pour une semaine de "référence".

L'enquête Force de Travail Communautaire montre que, depuis 1983, la part des heures supplémentaires dans la durée hebdomadaire habituelle augmente. De l'ordre de 1% en 1983, elle passe à 1.5% en 1989, connaît une période de stagnation de 1989 à 1991 puis reprend sa croissance. Elle est depuis 1995 de l'ordre de 1,7%.

Graphique 3.1.
Heures supplémentaires hebdomadaires moyennes
en pourcentage de la durée habituelle



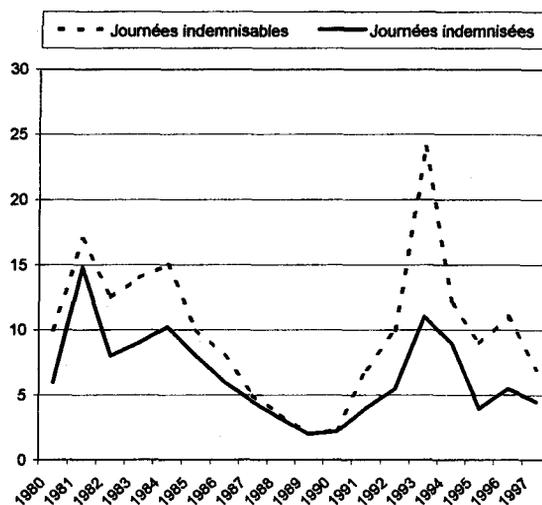
Source : Enquête Force de Travail Communautaire
(produit d'après un tableau du document d'étude de la DARES n°60, 2002)

Evolution de l'utilisation du chômage partiel

L'évolution du nombre de jours de chômage partiel déclaré par les entreprises aux pouvoirs publics relativement à l'emploi salarié est assez variable comme le montre le graphique 3.2. Il faut néanmoins être prudent avec cette statistique car les journées de chômage partiel indemnisables sont celles autorisées par la direction départementale du travail et elles surestiment souvent le nombre de journées réellement non travaillées que l'on peut mesurer par le nombre de journées de chômage partiel réellement indemnisées. Le rapport du SCERC "durée du travail et emploi" (1998) met en évidence le nombre de journées indemnisées par rapport au nombre de journées indemnisables. On voit ainsi que s'ils suivent la même tendance, le nombre de journées indemnisées s'écarte parfois fortement du nombre de journées indemnisables.

C'est donc au début des années 1980 que le recours au chômage partiel a été le plus fort en France. L'utilisation de cette stratégie a ensuite connu une très forte baisse du milieu des années 1980 au début des années 1990 (le nombre de journées indemnisées a été divisé par trois de 1984 à 1990). On revient en 1993 au niveau de chômage partiel de 1984. Ce niveau se réduit cependant dès 1994 et semble depuis 1995 se stabiliser.

Graphique 3.2.
Nombre de journées de chômage partiel en millions



Champ : salariés hors Etat et collectivités locales.

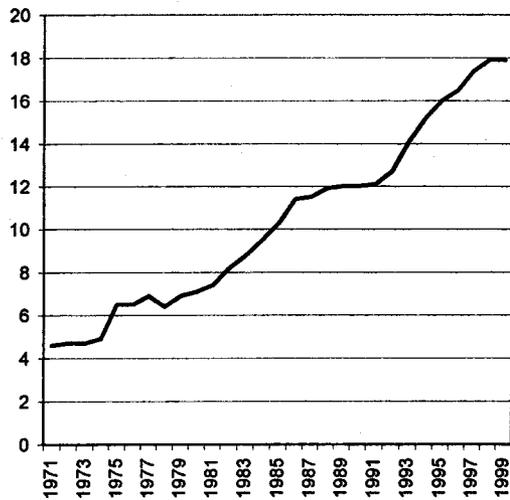
Source : DARES (reproduit en partie d'un rapport du SCERC, 1998)

Le développement du temps partiel

Le développement du temps partiel s'est fait en plusieurs phases. Représentant 4.5% de l'emploi salarié de 1971 à 1975, il connaît une première croissance très courte entre 1975 et 1976 atteignant alors un peu plus de 6% de l'emploi salarié. Ce n'est qu'à partir de 1979 que la part du temps partiel dans l'emploi salarié reprend sa croissance pour se stabiliser dès 1986 aux alentours de 12% de l'emploi salarié total, et ce jusqu'au début des années 1990. Puis, à partir de 1992⁵⁹, la forte croissance de la part des salariés à temps partiel dans l'emploi reprend. En 1999, 17,9% des actifs occupés sont à temps partiel. La part des salariés à temps partiel dans l'emploi a ainsi quadruplé en trente ans.

⁵⁹ Date à laquelle les pouvoirs publics ont institué un abattement de cotisations patronales de Sécurité Sociale sur les emplois à temps partiel pour favoriser leur développement.

Graphique 3.3.
Part du travail à temps partiel dans l'emploi salarié

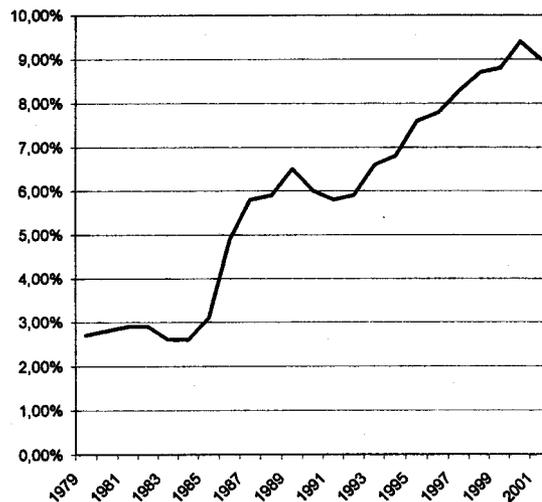


Source : INSEE. Enquête emploi. (CD-Rom INSEE. Marché du travail. Séries longues. Ed. 2000)

1.2. Le développement de la flexibilité externe

Le deuxième type de flexibilité, jouant cette fois, non plus, sur le temps de travail mais sur le volume de l'emploi, est l'utilisation des formes temporaires d'emploi.

Graphique 3.4.
Part des formes particulières d'emplois* dans l'emploi total



Source : INSEE. Enquête emploi (reproduit de Unédic, 2002)

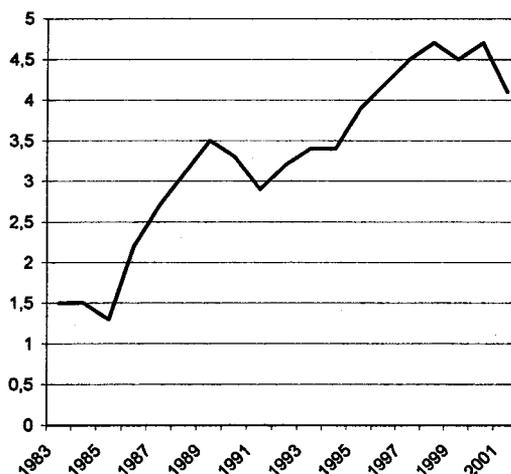
* part des CDD, de l'intérim et des stages dans l'emploi salarié (secteurs marchands non agricoles)

Après une relative stabilité de la part du travail temporaire dans l'emploi à la fin des années 1970 et au début des années 1980, elle connaît un essor fulgurant à partir de 1985 : la part du travail temporaire dans l'emploi double de 1985 à 1989. Elle se stabilise ensuite sur la période 1989-1993 aux alentours de 6% pour reprendre son ascension jusqu'à nos jours et atteindre 9% de l'emploi total.

Le développement des CDD

La part des CDD dans l'emploi salarié connaît le même schéma d'évolution que la part des formes particulières d'emplois dans l'emploi total présentée ci-dessous.

Graphique 3.5.
Part des CDD dans l'emploi salarié en %



Source : INSEE. Enquête emploi (reproduit de Unédic, 2002)

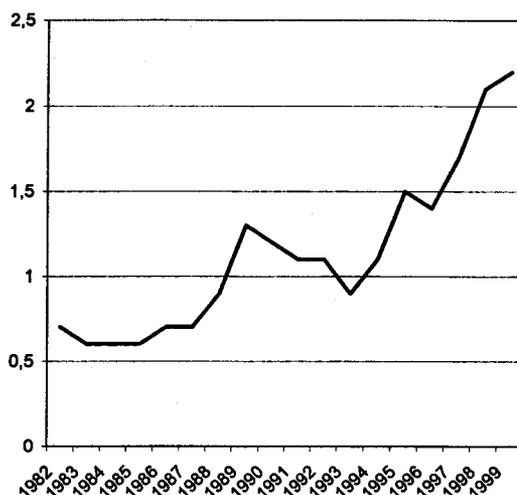
On observe un doublement de la part des CDD de 1985 à 1989. Cette phase de croissance est suivie par une courte période de récession de 1989 à 1991, puis reprend à un taux plus faible jusque 2000.

Le développement de l'intérim

Si la part des travailleurs intérimaires dans l'emploi est restée relativement stable jusque 1987, elle connaît un essor impressionnant de 1988 à 1989 : elle

double en 2 ans. Cette croissance n'est cependant pas durable. Dès 1990 et ce jusque 1993, la part des travailleurs intérimaires dans l'emploi diminue (-30% sur la période). Depuis 1994, on assiste de nouveau à une augmentation de la part des travailleurs intérimaires dans l'emploi. Cette dernière a été multipliée par deux entre 1994 et 1999. Ainsi, depuis le début des années 1980, la part des travailleurs intérimaires dans l'emploi a quadruplé.

Graphique 3.6.
Part des travailleurs intérimaires⁶⁰ dans l'emploi salarié en %



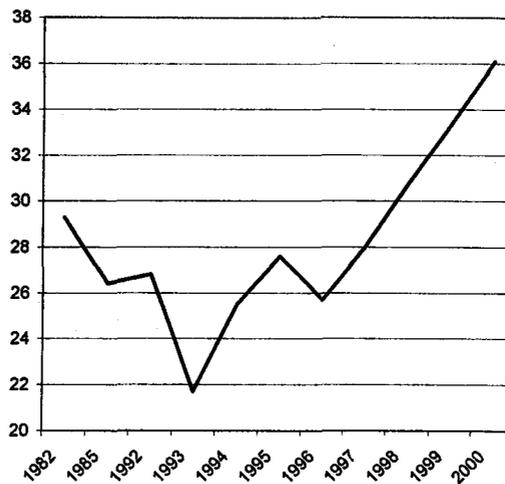
Source : INSEE, enquêtes emploi. (CD-Rom INSEE. Marché du travail. Séries longues. Ed. 2000)

Une évolution de l'emploi temporaire en deux phases

Si l'on compare l'évolution de l'intérim à celle des CDD, on peut remarquer que jusque 1993 la part des CDD augmentait plus vite que celle de l'intérim. Depuis cette date, la tendance s'est inversée. Si le CDD représente toujours 64% des emplois temporaires en 2000 et qu'il reste le contrat temporaire "classique", l'intérim prend de plus en plus d'importance dans les emplois temporaires. Il représentait 20% de l'ensemble des emplois temporaires en 1993, il en représente près du double (36%) en 2000.

⁶⁰ Les effectifs estimés n'incluent pas les salariés permanents des établissements de travail temporaire. La statistique présentée ne tient compte que des travailleurs intérimaires.

Graphique 3.7.
% d'intérimaires dans l'ensemble des emplois temporaires (intérim + CDD)



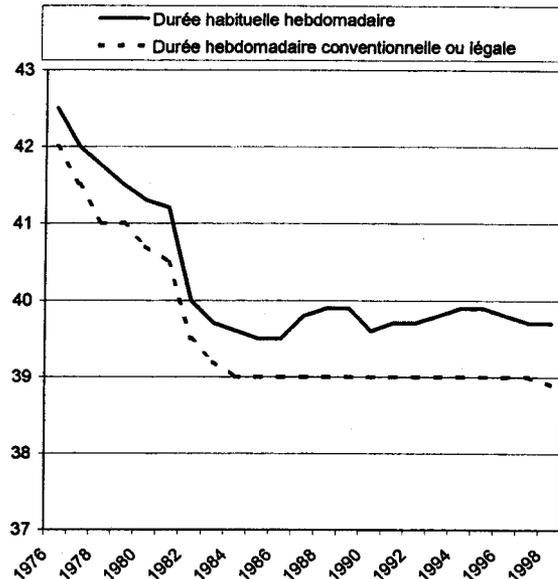
Source : INSEE. Enquête emploi. (reproduit de Lefevre et al., 2002)

Le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi en France s'est tout d'abord opéré par une augmentation de l'utilisation des modalités de flexibilité interne (heures supplémentaires et temps partiel). Si déjà depuis 1973 le travail à temps partiel est en constante augmentation, les heures supplémentaires semblent plus utilisées par les entreprises depuis 1982. Ce constat peut en partie être imputé au passage de la durée légale de 40 heures hebdomadaires à 39 heures.

Si l'on compare l'évolution de la durée hebdomadaire habituelle de travail⁶¹ à la durée conventionnelle ou légale, on peut remarquer que même si la durée hebdomadaire habituelle a toujours été en France supérieure à la durée légale ou conventionnelle, l'écart entre la durée hebdomadaire habituelle et conventionnelle ou légale – indicateur du nombre d'heures supplémentaires habituellement faites par les salariés – a eu tendance à augmenter à partir de 1982. Le passage à 39 heures n'explique cependant pas tout : cet écart, loin de se réduire, se creuse encore à partir de 1987.

⁶¹ La durée habituelle de travail correspond au nombre d'heures travaillées par les salariés durant une semaine type sans événement exceptionnel.

Graphique 3.8.
Durée hebdomadaire habituelle et conventionnelle ou légale



Sources : durée habituelle hebdomadaire : enquête ACEMO (reproduit du document d'étude de la DARES n°60, 2002)
durée hebdomadaire conventionnelle ou légale : enquête force de travail communautaire (reproduit du document d'étude de la DARES n°60, 2002)

Parallèlement au développement de la flexibilité du temps de travail, on observe également un développement de la flexibilité quantitative externe mais qui se fait un peu plus tardivement. La part des CDD et de l'intérim dans l'emploi reste assez stable jusqu'au milieu des années 1980 (Ces formes particulières d'emploi représentent moins de 3% de l'emploi total)⁶². Ce n'est qu'à partir de 1986, que l'on observe un changement flagrant à la hausse des ces formes "atypiques" d'emplois, date à laquelle, rappelons le nombre d'articles sur le thème de la flexibilité en gestion des ressources humaines atteint son apogée. Si jusque 1993, l'évolution des CDD était plus rapide que celle de l'intérim, la tendance s'inverse à partir de cette date. Depuis 1994, l'utilisation des différentes modalités d'adaptation ne cesse de croître à deux exceptions près : celles des heures supplémentaires et du chômage partiel. Cette date coïncide cependant parfaitement avec la mise en place d'une

⁶² Entre 1977 et 1987, on observe néanmoins une forte diffusion de l'utilisation des CDD. La proportion d'établissements qui recourent aux CDD passe ainsi de 12% à 50%. Ce phénomène de diffusion a été plus tardif pour l'intérim. Il s'est principalement produit entre 1987 et 1990 (+80%) (Cf. Ramaux et Michon, 1992).

nouvelle modalité – la modulation du temps de travail – permettant justement de limiter le recours à ces deux formes d'adaptation.

Ainsi, la part des heures supplémentaires dans la durée hebdomadaire habituelle est passée de 1% en 1983 à 1.7% depuis 1995, la part des salariés à temps partiel dans l'emploi salarié a quadruplé depuis trente ans et la part des formes particulières d'emplois (part des CDD, de l'intérim et des stages) dans l'emploi salarié (secteurs marchands non agricoles) a, quant à elle, triplée.

Ce développement de la flexibilité du travail et de l'emploi, que nous avons mis en évidence pour la France, s'est également produit, certes à des rythmes différenciés, dans la plupart des pays européens⁶³. La part des salariés à temps partiel a augmenté en moyenne de 40% de 1985 à 2000 et la part des salariés en CDD a quant à elle augmenté de plus de 60% (Cf. Tableau 3.1.).

Tableau 3.1.
Part des salariés à temps partiel et en CDD
dans l'Union Européenne en % de l'emploi total

	1985	1990	1995	2000
Temps partiel	12,7	13,8	16,0	17,8
CDD	8,4	10,4	12,0	13,6

Les statistiques sur longue période sont difficiles à trouver et la comparaison entre pays est souvent considérée comme peu pertinente à cause de fortes différences dans les définitions (Cf. Chagny, Bruyère, 2002). Néanmoins si l'on regarde, l'évolution du temps partiel et des CDD dans les pays de l'Union Européenne, sans chercher à comparer les pays entre eux, au moins une de ces deux formes d'emplois croît sensiblement dans tous les pays européens depuis 1973 (Cf. Tableaux 3.2. et 3.3.).

Ainsi, pour ne citer que les évolutions les plus marquantes, l'emploi de temps partiel a doublé en Autriche, a été multiplié par 1.5 en Allemagne, et par plus de 3.5 en Belgique. L'Espagne, quant à elle, faible utilisatrice de temps partiel, a doublé par contre son utilisation de CDD. L'emploi de CDD a également plus que doublé en Italie. Quant aux Pays-Bas, c'est la part des deux formes d'emploi qui double sur la période d'observation.

⁶³ Cf. notamment Meulders et Tytgat (1989), OCDE (1989), Lefevre et Michon (2002),

Tableau 3.2.
Proportion du travail à temps partiel dans l'emploi total en %

	1973	1979	1983	1993	1996
France	5,9	8,1	9,6	13,7	16,0
Allemagne (a)	10,1	11,4	12,6	15,1	16,3
Autriche	6,4	7,6	8,4	10,1	12,6
Belgique	3,8	6,0	8,0	12,8	14,0
Espagne	nd	nd	nd	6,6	8,0
Finlande	nd	6,6	7,7	8,6	7,9
Italie	6,4	5,3	4,6	5,4	6,6
Irlande	nd	5,1	6,7	10,8	11,6
Luxembourg	5,8	5,8	7,0	7,3	7,6
Pays-Bas	nd	16,6	21,0	35,0	36,5
Royaume-Uni	16,0	16,4	18,9	23,4	22,1
Suède	nd	23,6	24,8	24,9	23,6

(a) Pour 1973 et 1983 Länder de l'Ouest, ensemble au-delà. Chiffres de 1995 et non de 1996.

Champ : actifs occupés.

Source : OCDE, *Perspectives de l'emploi, 1996 et 1997.* (reproduit du rapport de SCERC, 1998)

Tableau 3.3.
Proportion de salariés en contrat à durée déterminée dans l'emploi total en %

	1985	1990	1995	2000
France	4,7	10,5	12,4	15,3
Allemagne (a)	10,0	10,5	10,5	12,7
Belgique	6,9	5,3	5,4	9,1
Espagne	15,6	29,8	34,9	32,0
Italie	4,8	5,2	7,3	10,1
Irlande	7,3	8,5	10,0	4,5
Luxembourg	4,7	3,4	5,0	5,4
Pays-Bas	7,5	7,6	11,2	13,5
Royaume-Uni	7,0	5,2	7,3	7,0
Suède	11,9	10,0	11,7	14
Portugal	nd	14,4	12,3	20,4

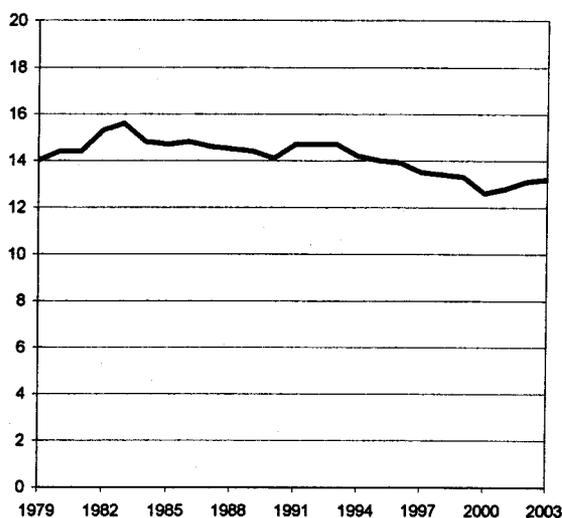
Sources : de 1985 à 1990 : annexes statistiques du rapport de la commission européenne, indicateurs clés de l'emploi dans l'Union Européenne (1998)

de 1995 à 2000 : annexes statistiques du rapport de la commission européenne, indicateurs clés de l'emploi dans l'Union Européenne (2002)

Le développement des formes flexibles d'emploi qui a débuté à partir du milieu des années 1970 semble cependant assez spécifique à l'Europe. Ce phénomène s'est en effet produit bien plus tôt aux Etats-Unis. L'adoption de la doctrine de l'emploi à discrétion a ouvert dès 1870 la porte à la flexibilité externe. Grâce à cette doctrine, "un salarié peut être congédié à tout moment, sans préavis et pour quelque raison que ce soit" : "pour juste cause, mauvaise cause ou sans cause" (Bellace, 1989). Il n'y a depuis plus aucune raison de distinguer aux Etats-Unis l'emploi temporaire de l'emploi permanent. Quant au

développement de la flexibilité du temps de travail, "l'essentiel de la progression du temps partiel s'est produit du début des années soixante au milieu des années soixante-dix" (Bruyère et Chagny, 2002). On observe depuis une certaine stabilité de la part du temps partiel dans l'emploi.

Graphique 3.9.
Part du travail à temps partiel dans l'emploi total aux Etats-Unis



Source : OCDE. *Labour Market Statistics based on a common definition*

Ces quelques statistiques que nous avons présentées permettent ainsi de comprendre pourquoi la littérature s'est fortement développée sur le thème de la flexibilité en gestion des ressources humaines et notamment en Europe autour des années 1980. Loin d'être un "effet de mode", le développement de la littérature sur ce thème est simultané (cause ou conséquence) du développement très net de l'utilisation des formes flexibles d'emploi en Europe débuté au milieu des années 1970 et plus affirmé depuis les années 1980. Une question reste cependant entière : pourquoi cette croissance de l'utilisation des formes flexibles d'emploi ?

2. LA TRADUCTION D'UN CHANGEMENT DE COMPORTEMENT DES FIRMES

De nombreuses interprétations sont données dans la littérature pour expliquer ce développement des formes flexibles d'emploi. Parmi les motifs susceptibles

d'accroître le recours à ce type d'emploi autres que l'adaptation aux variations infra-annuelles de demande, deux sont généralement mis en avant :

- l'aversion pour le risque des firmes qui dans un contexte conjoncturel assez imprévisible les pousserait à se prémunir du risque de licenciement par deux mécanismes : fonctionner avec un volant de main-d'œuvre temporaire plus important⁶⁴ et accroître la période d'essai de la future main-d'œuvre permanente par le biais d'embauche préalable en CDD⁶⁵,
- la tertiarisation qui, en modifiant la structure de l'économie, aurait modifié les modalités d'adaptation aux fluctuations infra-annuelles de demande.

Nous montrerons dans un premier point que si ces motifs existent, ils ne peuvent expliquer à eux seuls le développement des formes flexibles d'emploi. Nous montrerons alors, dans un deuxième point, que le développement des formes flexibles d'emploi est la conséquence d'un changement de comportement des firmes en matière d'absorption des fluctuations infra-annuelles de demande. D'un modèle d'absorption des fluctuations par les prix et/ou le stockage, permettant respectivement de lisser les ventes et la production et donc indirectement l'emploi, les firmes seraient passées à un modèle où l'adaptation par l'emploi serait plus importante, abandonnant en partie le stockage et l'ajustement par les prix comme modalités d'adaptation.

2.1. Les principaux motifs de recours aux formes d'emplois temporaires

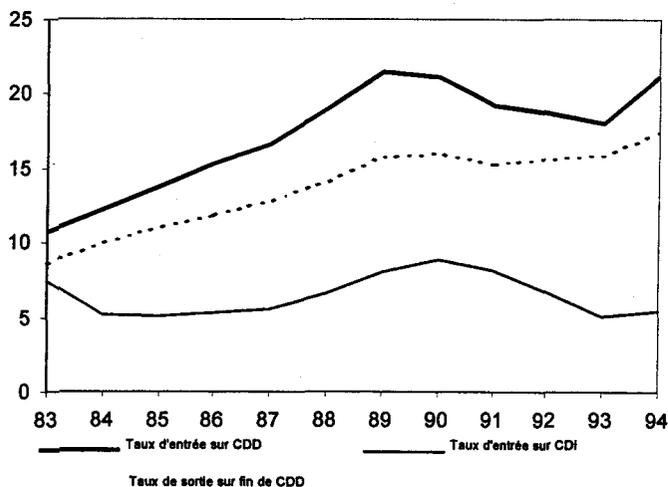
2.1.1. L'utilisation des CDD comme "période d'essai"

Le graphique 3.10. met en évidence le très faible taux d'entrée sur CDI dans les établissements de plus de 50 salariés. Il montre clairement que – si le CDI constitue la "norme" – plus de 90% des entrées en entreprise se font sur la base d'un contrat temporaire. Cependant, l'écart entre le taux d'entrée sur CDD et le taux de sortie sur fin de CDD – représentant approximativement les CDD embauchés ensuite en CDI – montre que le motif de pré-embauche n'explique qu'une partie du recours observé : le cinquième des entrées sur CDD jusque 1987, puis le tiers en 1989, depuis 1993, il n'explique plus que le huitième.

⁶⁴ Cf. Michon et Ramaux, (1992), Ramaux (1994), Deneuve (2000), Commission Européenne (2002), Gonzalez (2002), Lefevre et Michon (2002).

⁶⁵ Cf. Henguelle (1994), Cellier et al. (1998), Cancé et Fréchou (2003), Gonzalez (2002).

Graphique 3.10.
Flux d'entrées et de sorties dans les établissements de 50 salariés et plus
en % des effectifs en début d'année



Source : DMMO (reproduit du rapport du CSERC "Inégalités d'emploi et de revenu", 1996)

Le rapport de la commission du travail et des questions sociales (1999) confirme ce résultat : "le CDD ne débouche que dans une minorité des cas sur un CDI". Comme le montre le tableau 3.4., en 1996 seules 18,4% des embauches sous CDI sont des salariés qui étaient auparavant en CDD dans l'établissement et 4,3% des anciens intérimaires.

Tableau 3.4.
Répartition des embauches en CDI en 1996
selon le statut de l'emploi précédent

	Apprentissage	CDD	Intérim	Autres	Total
Industrie	9	259	118	614	1000
Construction	19	170	77	734	1000
Commerce	5	171	18	806	1000
Transport	4	276	27	693	1000
Service	3	140	15	842	1000
Ensemble	6	184	43	767	1000

Lecture : sur 1000 embauches fermes en 1996 dans l'industrie, 9 étaient apprentis au sein de l'établissement, 259 des salariés en CDD dont le contrat arrivait à terme, 118 des salariés qui venaient de terminer une mission d'intérim dans l'établissement et 614 d'autres salariés qui ne faisaient partie d'aucune de ces trois catégories.

Source : MES-DARES Enquête spécifique ACEMO (tiré du rapport "vers une pénalisation financière du recours aux emplois temporaires (CDD et intérim) ?")

Les trois phénomènes observés – augmentation de la part des CDD dans l'emploi depuis les années 1980, recours moins important aux CDD pour

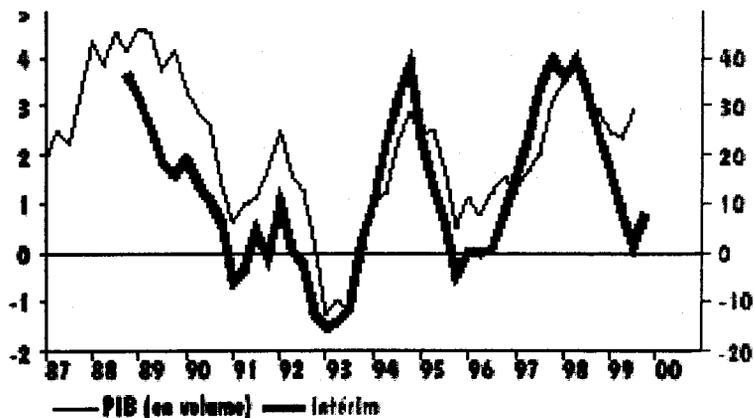
éliminent ainsi le motif de "pré-embauche" comme cause du développement de la flexibilité du travail et de l'emploi.

2.1.2. L'utilisation de l'emploi temporaire⁶⁶ comme régulateur de la conjoncture économique

Le deuxième motif fréquemment avancé est celui de l'adaptation à la conjoncture : "dans un contexte d'incertitude quant à la pérennité de la reprise d'activité, les entreprises préfèrent souvent embaucher des salariés temporaires plutôt que d'augmenter leurs effectifs permanents" (Michon et Ramaux, 1992)⁶⁷, l'utilisation des formes d'emplois temporaires leur permettant en cas de baisse de l'activité de se séparer plus facilement du sureffectif tout en évitant les licenciements.

On peut en effet remarquer d'après les graphiques 3.11. et 3.12. que l'évolution des emplois temporaires, aussi bien de l'intérim que des CDD, suit globalement celle de la conjoncture économique. Les points de retournement des emplois intérimaires et en CDD coïncident assez bien avec ceux de l'activité, dans les phases de reprise comme dans les phases de ralentissement.

Graphique 3.11.
Evolution de l'emploi intérimaire et du PIB (en % de glissement annuel)

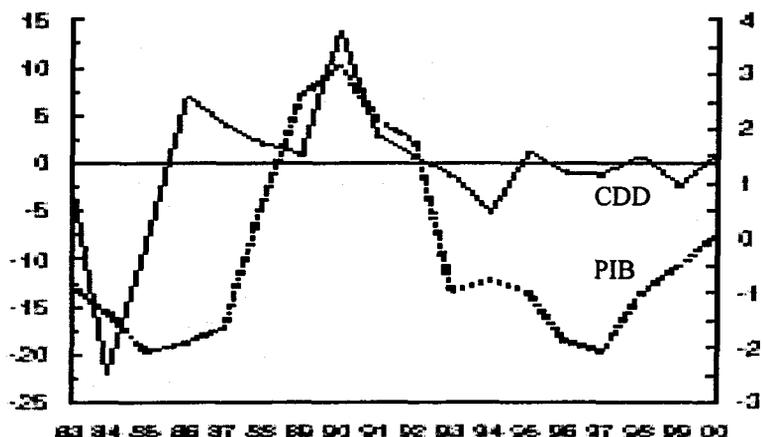


Source : Insee, COE (reproduit du document de travail COE " Le travail intérimaire dans la dynamique de l'emploi")

⁶⁶ le recours au chômage partiel suivrait également la conjoncture (Cf. Brégier, 2000)

⁶⁷ Cf. également Gonzalez (2002)

Graphique 3.12.
Evolution des contrats à durée déterminée et du PIB



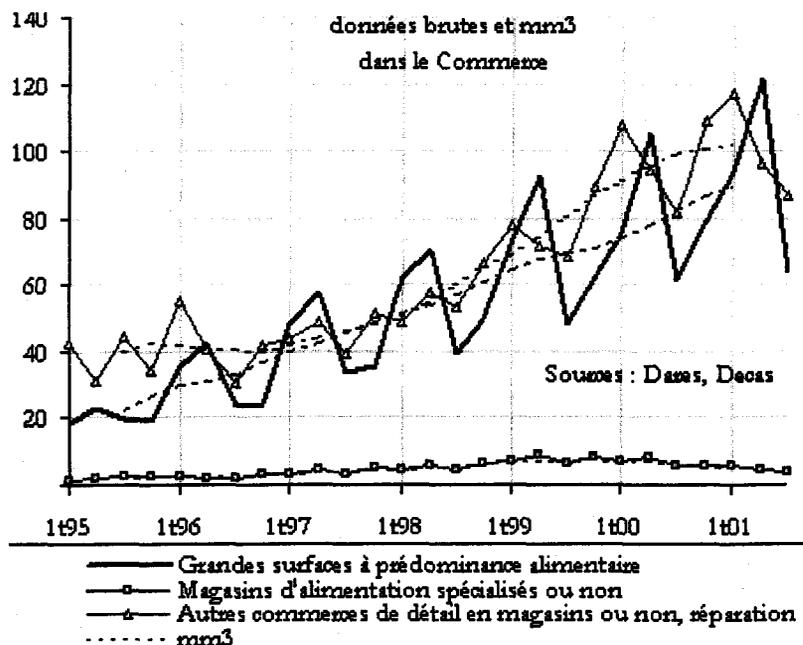
Sources : Services de la Commission (tiré du rapport de la Communauté Européenne "L'emploi en Europe 2002 Evolution récente et perspectives")

Cependant, la courte durée des missions en CCD et en intérim, l'hétérogénéité de cette durée d'une entreprise à l'autre, ainsi que la saisonnalité du nombre de contrats signés peuvent légitimement laisser penser que la décision d'utiliser un CDD ou un intérimaire se prend pour des variations bien plus spécifiques à l'entreprise que celles de la conjoncture. En 1998, la durée moyenne des missions d'intérim était de 1.83 semaines variant de 1.3 semaines dans le tertiaire (avec plus du tiers des missions d'une durée inférieure à la journée) à 2.2 semaines dans la construction et l'industrie. Les durées des missions en CDD sont certes plus importantes – l'emploi de CDD impliquant des frais de recrutement, de gestion – mais 9 missions sur 10 ont une durée inférieure à 6 mois⁶⁸ (Cf. Vermès, 1999) et 1 sur 2 a une durée inférieure à un mois (Cf. Richet-Mastain et Brunet, 2001). Quant au caractère saisonnier du recours à l'intérim, présenté ici pour les activités de commerce, il permet de mettre en évidence que l'emploi temporaire est bien utilisé par la firme pour s'adapter aux variations saisonnières de demande⁶⁹.

⁶⁸ une exception : la construction dont 1/5 des missions durent plus d'un an.

⁶⁹ cf. également sur les variations saisonnières de l'emploi : Jourdain et al.(1999), Richet-Mastain et Vazeille (2000)

Graphique 3.13.
Nombre de contrats d'intérim (en milliers) conclus au cours du trimestre dans le commerce



Source : tiré du site du ministère de l'économie et des finances (2002)

Ainsi, si l'on ne peut nier que les formes flexibles d'emploi ne sont pas uniquement utilisées par les firmes pour absorber les fluctuations infra-annuelles de demande, on peut en revanche légitimement penser que l'adaptation aux variations infra-annuelles de demande en est un des motifs principaux.

2.1.3. Les modifications structurelles de l'économie

Cependant, si le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi traduit bien un choix d'adaptation des firmes aux variations infra-annuelles de demande, cela n'infirme pas la dernière interprétation selon laquelle le développement des formes flexibles d'emploi serait dû à un changement de structure de l'économie. On assiste, en effet, depuis le début des années 1970, notamment en France, à une forte tertiarisation⁷⁰ de l'économie. La progression de l'emploi dans le secteur des services a-t-il contribué à modifier les

⁷⁰ Le secteur tertiaire représentait à peine 50% de l'emploi en 1970, il représente en 1998 plus de 70% de l'emploi.

caractéristiques des emplois ? Est-il à l'origine du développement des formes d'emplois "atypiques" ?

L'OCDE (2001) a analysé la relation entre l'évolution de la répartition sectorielle de l'emploi et les changements touchant les caractéristiques de l'emploi – notamment le développement du temps partiel et de l'emploi temporaire – en procédant à une décomposition des variations de l'emploi atypique en un effet de structure – exprimant la part des variations expliquées par le changement de la répartition de l'emploi entre les différents secteurs d'activité – et un effet interne – exprimant la part des variations expliquées par un changement de comportement des firmes⁷¹.

Cette analyse a été faite pour la plupart des pays sur l'évolution de l'emploi au cours de la période 1987-1999, période au cours de laquelle, d'après les statistiques présentées dans le premier point, le développement des formes flexibles d'emploi a été très important en Europe⁷².

⁷¹ Soient : s_i^c la fréquence du travail à temps partiel ou temporaire dans l'emploi dans le secteur i du pays c

e_i^c la part de l'emploi dans le secteur i du pays c

s_i^a la qualité de l'emploi dans le secteur i dans le même pays au cours de la période précédente

e_i^a la part de l'emploi dans le secteur i dans le même pays au cours de la période précédente

la différence $(s_i^c - s_i^a)$ peut être décomposée en trois éléments :

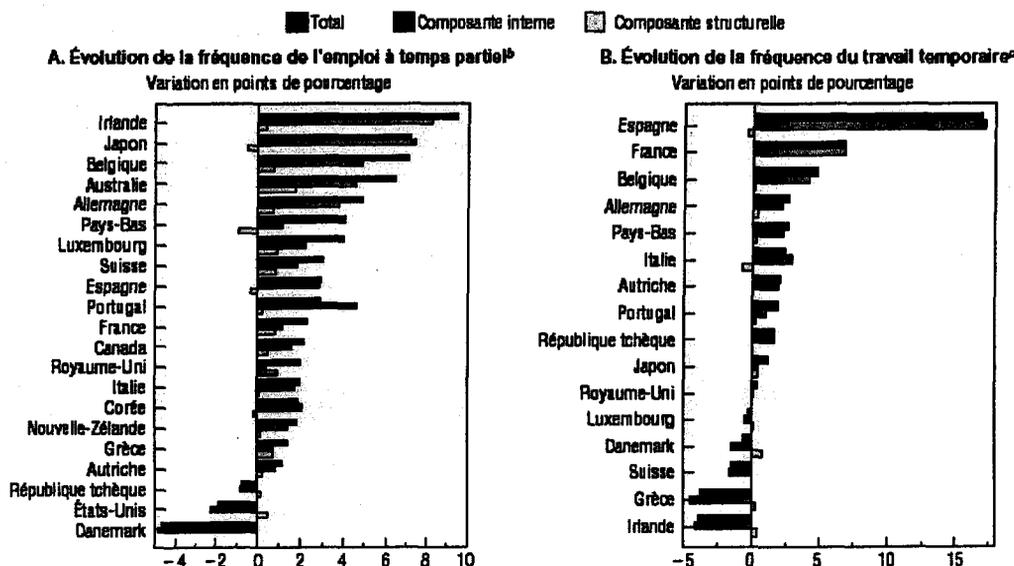
- un effet structurel $\sum_i (e_i^c - e_i^a) \times s_i^a$

- un effet interne $\sum_i (s_i^c - s_i^a) \times e_i^a$

- un effet d'interaction $\sum_i (e_i^c - e_i^a) (s_i^c - s_i^a)$ non présenté car très limité

⁷² rappelons que de 1985 à 2000, la part des salariés à temps partiel a augmenté en moyenne de 40% et la part des salariés en CDD a quant à elle augmenté de plus de 60%.

Graphique 3.14.
Décomposition de l'évolution de l'emploi
à temps partiel et du travail temporaire dans le temps^a



a Pour chaque pays, la composante "totale" désigne l'évolution dans le temps de chaque caractéristique de l'emploi au niveau de l'ensemble de l'économie ; la composante "structurelle" rend compte de la contribution aux changements touchant la structure de l'emploi ; et la composante "interne" exprime la contribution des changements au sein de chaque secteur.

b Les données se rapportent à 1992-1998 pour la Corée et la Nouvelle Zélande ; 1992-1999 pour l'Allemagne, l'Italie et la Suisse ; 1995-1999 pour l'Autriche ; 1987-1998 pour le Canada ; 1993-1998 pour la République tchèque ; 1984-1998 pour le Japon ; et 1987-1999 pour tous les autres pays.

c Les données se rapportent à 1992-1999 pour l'Allemagne, l'Italie et la Suisse ; 1995-1999 pour l'Autriche ; 1993-1998 pour la République tchèque ; 1984-1998 pour le Japon ; et 1987-1999 pour tous les autres pays.

Source : OCDE 2001, perspectives de l'emploi, Paris

Les conclusions de l'OCDE sont nettes : "la composante interne l'emporte largement sur la composante structurelle". L'effet de structure n'explique en moyenne même pas un point de pourcentage de l'évolution globale de ces formes d'emplois. On remarquera tout de même que l'évolution du travail à temps partiel, forme d'emploi particulièrement utilisée dans le tertiaire, s'explique tout de même dans quelques pays pour une part non négligeable par l'effet de structure (40% pour la France, 60% pour le Royaume-Uni, 50% pour la Grèce et 30% pour la Suisse⁷³). Néanmoins, même si les modifications structurelles de l'économie expliquent en partie le développement des formes flexibles d'emploi dans quelques pays et notamment en France, une part

⁷³ Sur la période très courte 1995-1999 pour la Suisse.

extrêmement importante du développement des formes flexibles d'emploi tiendrait à des changements internes aux firmes.

Le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi observé en Europe doit donc trouver son explication ailleurs : dans un changement dans l'adaptation des firmes aux fluctuations infra-annuelles de demande par exemple. Reste à examiner cette hypothèse en étudiant les changements qui se sont réellement produits.

2.2. Le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi pour s'adapter aux variations infra-annuelles de demande est bien réelle : une confirmation

Nous allons montrer dans ce deuxième point que le développement des formes flexibles d'emploi s'explique par un changement de comportement des firmes. Les firmes auraient changé les modalités mises en œuvre jusqu'alors pour absorber les fluctuations infra-annuelles de demande. D'un modèle d'absorption des fluctuations de demande par les prix et/ou le stockage, elles seraient passées vers un modèle d'adaptation où la production "colle" plus aux variations de demande et où a fortiori l'adaptation par l'emploi serait plus importante, abandonnant de ce fait en partie les modalités permettant de lisser les ventes ou la production.

Nous montrerons, dans un premier point, à partir des statistiques disponibles, que dans la plupart des pays européens, les variations infra-annuelles de production ont fortement augmenté au cours des années 1970-1980 voire 1990. Nous montrerons alors que cette variabilité accrue de la production s'est bien accompagnée d'une plus grande variabilité de l'emploi au travers l'exemple de la France.

Certes, cette plus grande variabilité de la production et de l'emploi pourrait trouver son origine dans une demande plus fluctuante. Mais nous montrerons que, parallèlement, les entreprises utilisent moins les autres modalités d'adaptation que sont l'ajustement par les prix et le stockage. La cause du développement de la flexibilité du travail et de l'emploi devient alors assez limpide : les entreprises auraient modifié au cours des années 1970-1980 la manière dont elles s'adaptent aux variations infra-annuelles de demande préférant plus

largement de nos jours faire suivre la production et les ventes aux variations infra-annuelles de demande qu'elles subissent.

Pour étudier ce phénomène, il nous fallait des séries statistiques mensuelles (voire trimestrielles) sur longue période et surtout non corrigées des variations saisonnières. Or, il existe, d'une part, peu de séries statistiques mensuelles disponibles sur longue période pour tous les pays européens et, d'autre part, les seules séries disponibles sont généralement corrigées des variations saisonnières. Elles ne peuvent donc pas mettre en évidence, par définition, les éventuelles variations infra-annuelles. En France, en revanche, Pierre Villa a construit un certain nombre de séries mensuelles brutes remontant aux années 1950 et disponibles sur le site Internet du Cepii (centre d'études prospectives et d'informations internationales). Nous allons donc mettre en évidence le phénomène que nous avons décrit pour la France et lorsque cela sera possible, nous montrerons que ce phénomène n'est pas particulier à la France et semble bien s'être produit dans la plupart des pays européens.

2.2.1. Une variabilité plus importante de la production

Pour montrer l'augmentation des variations infra-annuelles de production, nous avons étudié l'évolution des variations mensuelles de la production industrielle française de 1946 à 1993 à partir de la base de données "Industry" du Cepii présentant l'indice mensuel brut de la production industrielle française de 1919 à 1994⁷⁴.

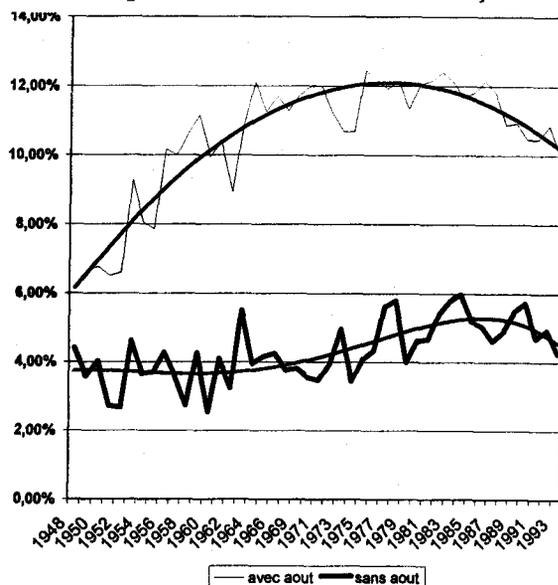
La première analyse effectuée a donné des résultats assez surprenants. Nous avons observé que, de 1946 à 1979, l'ampleur des fluctuations infra-annuelles de la production – mesurée par le coefficient de variation annuel de la production⁷⁵ – n'a cessé d'augmenter (Cf. graphique 3.15.). Quant à la variabilité de la production – mesurée par la moyenne annuelle des taux de variation mensuels d'activité en valeur absolue – elle a également fortement augmenté jusqu'aux années 1985-1986 (Cf. graphique 3.16.). Ces premiers résultats ne coïncidaient absolument pas avec le développement des modalités

⁷⁴ Pierre Villa avait construit cette série pour étudier la conjoncture et les composantes cycliques de l'activité. (Cf. Villa P., 1997, *Séries macro-économiques historiques : méthodologie et analyse économique*, Insee méthodes n°62-63).

⁷⁵ Nous avons préalablement retiré la tendance que présentait la série grâce à la méthode des moyennes mobiles.

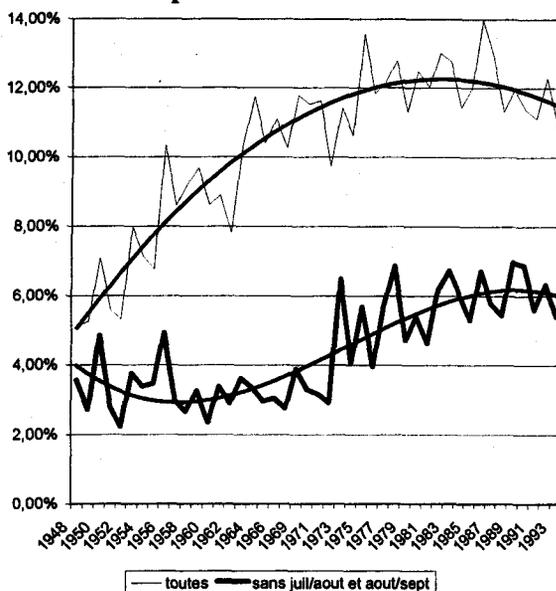
d'adaptation relatif au temps de travail et à l'emploi mis en évidence dans le premier point.

Graphique 3.15.
Evolution du coefficient de variation de la production industrielle française



Source : séries construites par l'auteur à partir de la base "industry" du Cepii

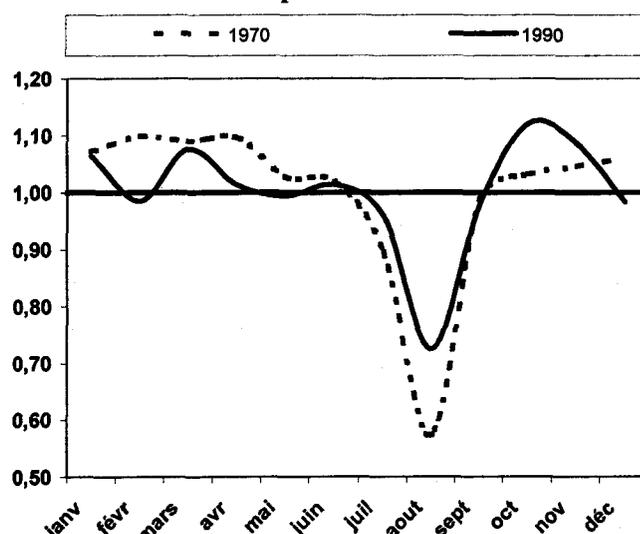
Graphique 3.16.
Evolution du taux de variation mensuel de la production industrielle



Source : séries construites par l'auteur à partir de base "industry" du Cepii

En étudiant plus en détail le schéma annuel des fluctuations de production, nous avons pu remarquer que ce phénomène était à imputer aux congés payés. Si l'on compare les fluctuations infra-annuelles de demande des années 1970 et 1990 (Cf. graphique 3.17.) – mesurées par les coefficients saisonniers – ce constat est flagrant. En 1970, l'ampleur des fluctuations s'explique en grande partie par le creux de production de août ; quant à la variabilité de la production, août mis à part, elle semble plus importante en 1990.

Graphique 3.17.
Fluctuations infra-annuelles de la production industrielle en 1970 et en 1990



La croissance de l'ampleur des fluctuations et de la variabilité de la production observée depuis la fin des années 1940 n'était donc pas le reflet du développement de la flexibilité du travail et de l'emploi, mais bien d'une période où les entreprises "tournent au ralenti" (voire ferment) pour raison de congés annuels qui était plus accentuée dans les années 1970.

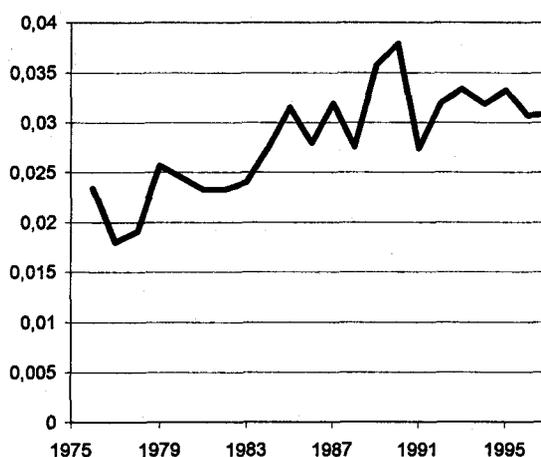
L'étude de l'évolution des variations annuelles de production, en ôtant août de l'analyse, a alors mis en évidence une augmentation de l'ampleur des fluctuations de la production à partir de 1973 après une tendance relativement constante sur la période antérieure. La variabilité de la production a, elle aussi, connu une augmentation plus tardive que l'on peut dater à 1975. Force est de constater que ces dates correspondaient, cette fois, parfaitement avec le

développement des modalités d'adaptation jouant sur le temps de travail et l'emploi.

Ce développement concomitant en France des formes flexibles d'emploi et des variations infra-annuelles de production ne vient pas d'une coïncidence fortuite. Il semble en effet s'être produit dans la plupart des pays Européens.

Les seuls indicateurs mensuels bruts disponibles pour les pays européens sont ceux de l'OCDE et les séries ne débutent malheureusement pas toujours très tôt. Cependant, même si dans certains pays européens la plus grande variabilité de la production a pu s'opérer avant cette date – le développement des formes flexibles d'emploi ne s'étant pas produit dans toute l'Europe à la même date – on observe tout de même pour un grand nombre de ces pays, des variations infra-annuelles de production plus importantes au cours de la période d'observation (Cf. Encadré 3.1.). L'augmentation de la variabilité annuelle de la production européenne⁷⁶ sur toute la période 1975-1997 présentée ci-dessous en témoigne également.

Graphique 3.18.
Evolution du coefficient de variation de la production industrielle en Europe

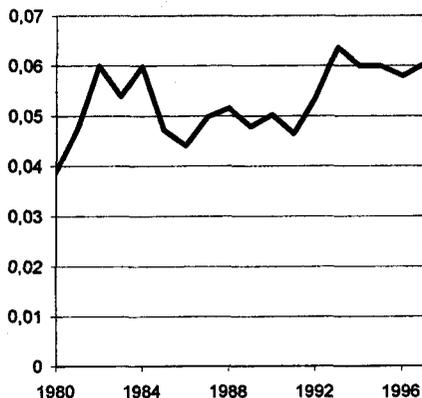


Source : Série construite par l'auteur à partir des indicateurs des activités industrielles de l'OCDE de 1975 à 1997

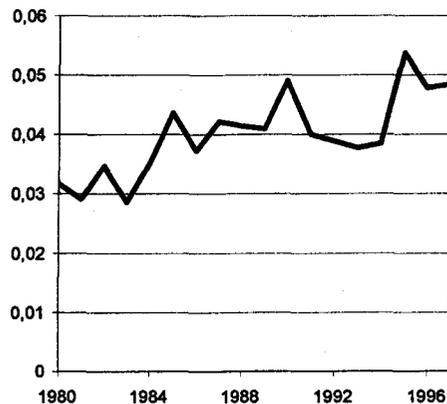
⁷⁶ De nombreux pays européens connaissent, comme la France, un creux d'activité en juillet ou en août expliqué par la concentration des congés payés sur cette période. Nous avons donc ôté ces mois du calcul des coefficients de variation.

Encadré 3.1.
Evolution du coefficient de variation de la production industrielle
dans les pays européens

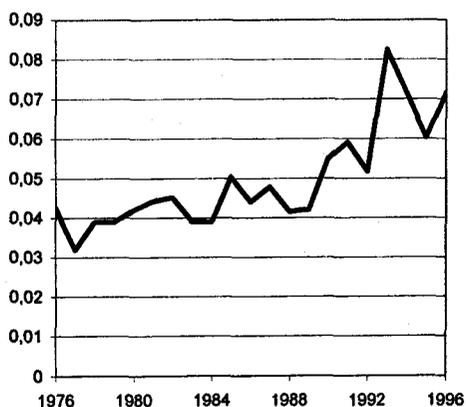
Allemagne



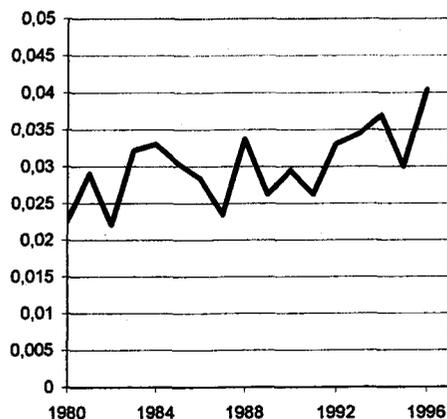
Espagne



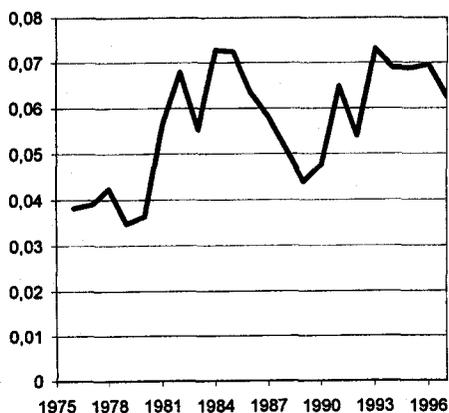
Belgique



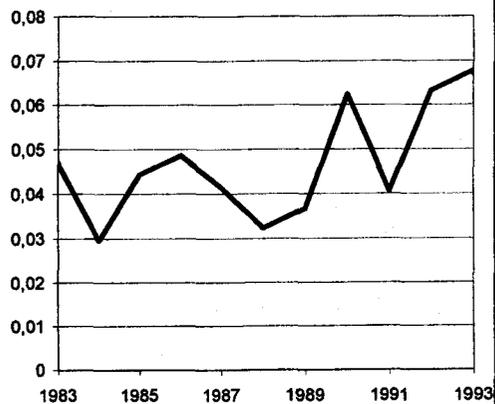
Finlande

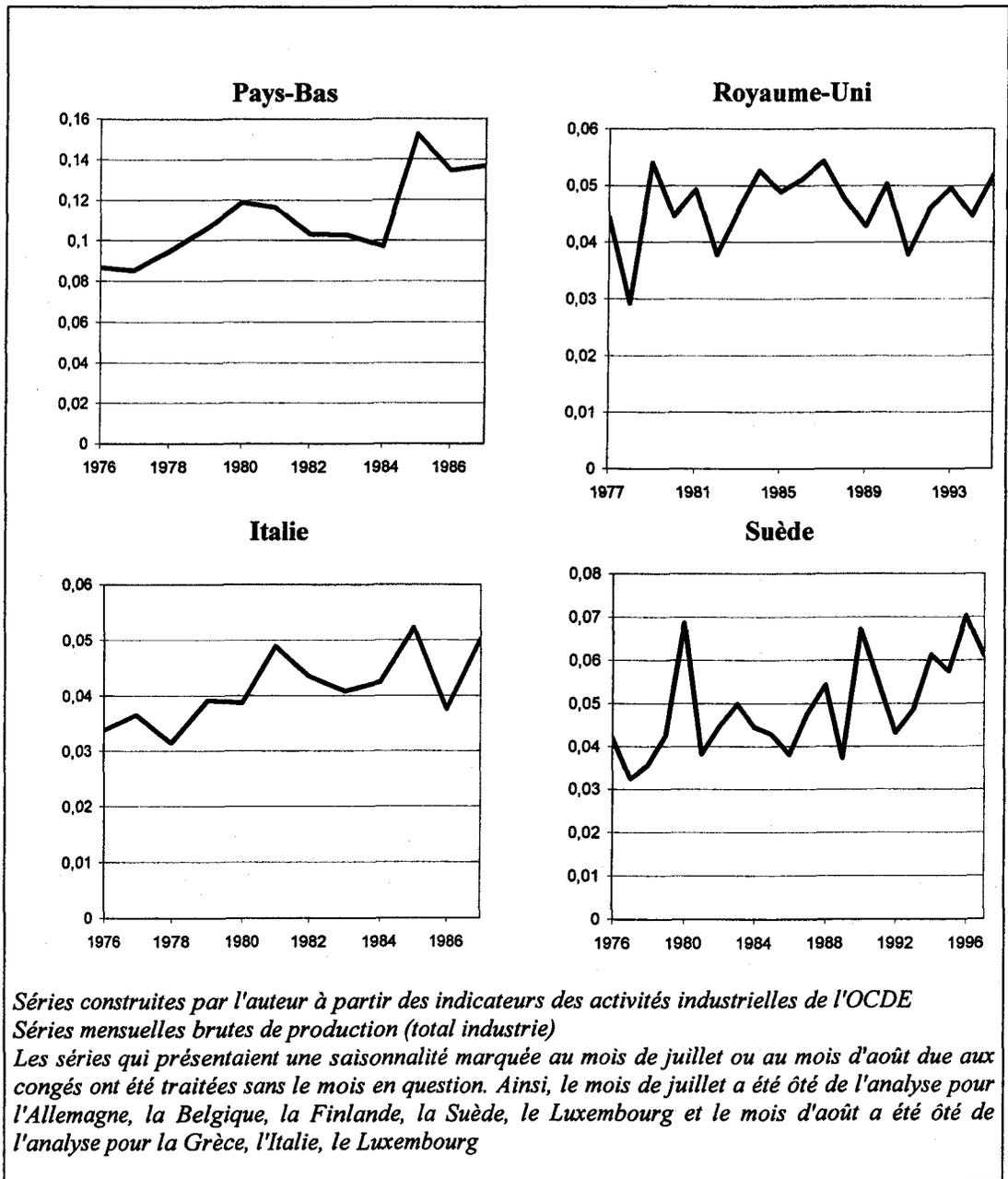


Grèce



Luxembourg





Cette hausse des variations infra-annuelles de production observée dans la plupart des pays européens montre ainsi un changement de stratégie des firmes européennes en matière d'adaptation de la production aux variations de demande. Elles seraient ainsi passées au cours des ces trois dernières décennies à une stratégie de moindre lissage de leur production.

2.2.2. Une variabilité plus importante de l'emploi

Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, parmi les modalités d'adaptation possibles, la flexibilité des prix est mise en œuvre pour lisser les ventes et donc indirectement la production. Quant au stockage et au report de demande, ils sont mis en œuvre pour lisser directement la production. La seule modalité d'adaptation qui ne lisse pas la production mais qui au contraire tente d'en suivre les variations est la flexibilité du travail et de l'emploi. Il y a ainsi fort à parier que la plus grande variabilité de la production s'est répercutée sur les effectifs : ce qui expliquerait le développement des formes flexibles d'emploi.

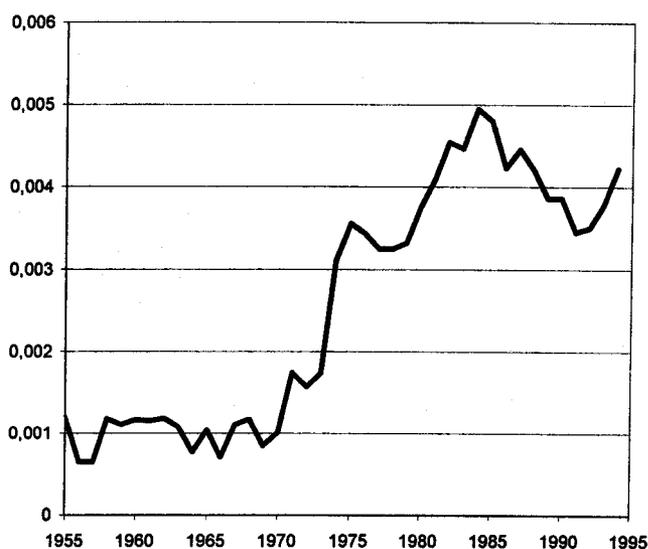
Il n'existe, à notre connaissance, aucune série brute mensuelle ou trimestrielle de l'emploi. Les séries d'emploi présentées sont toutes corrigées des variations saisonnières et ne peuvent donc mettre en évidence l'adaptation des effectifs aux variations infra-annuelles de demande. Nous avons tout de même essayé d'en construire une pour la France à partir des données annuelles sur la population active⁷⁷ et des données brutes mensuelles des demandeurs d'emplois en fin de mois⁷⁸ afin de conforter notre interprétation. Nous avons estimé la population active mensuelle par le biais d'une extrapolation linéaire et avons alors estimé l'emploi en ôtant à cette série mensuelle les demandeurs d'emplois en fin de mois. A partir de cette série nous avons ainsi pu calculer le coefficient de variation de l'emploi de 1954 à 1994.

Cette estimation n'est certes pas parfaite mais le résultat obtenu va tout à fait dans le sens de l'interprétation proposée. On observe très nettement une croissance des variations infra-annuelles de l'emploi à partir de 1970. Cette croissance se serait produite en deux phases : une première de 1970 à 1976 suivi d'une seconde de 1981 à 1986. La variabilité de l'emploi aurait ainsi été multipliée par 5 sur la période. Puis, comme la production industrielle, elle aurait connu une phase de décroissance à partir de 1986.

⁷⁷ Série INSEE, enquêtes emploi.(CD-Rom INSEE. Marché du travail. Séries longues. Ed. 2000).

⁷⁸ série "DENS" de la base de données CHO du Cepii.

Graphique 3.19.
Evolution du coefficient de variation de l'emploi en France

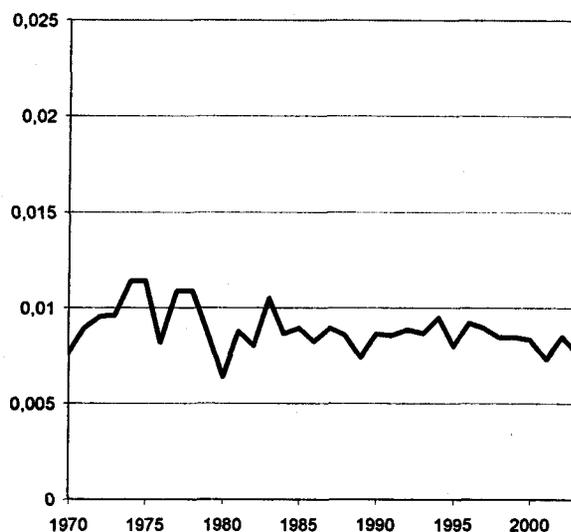


Source : série construite par l'auteur à partir de la série sur la population active INSEE (enquêtes emploi) et de la série DENS de la base "CHO" du Cepii

On observe ainsi en France un développement concomitant de la variabilité de l'emploi, de la variabilité de la production industrielle et des formes flexibles d'emploi.

La quasi-stabilité des variations infra-annuelles de l'emploi aux Etats-Unis depuis les années 1970 appuie notre interprétation. Elle semble corroborer la corrélation existante entre le développement des formes flexibles d'emploi et la plus grande variabilité de l'emploi au niveau infra-annuel. En effet, nous avons vu que le développement des formes flexibles d'emploi s'était produit avant 1975 aux Etats-Unis et que depuis la part du travail à temps partiel était quasi-stable. La quasi-stabilité des variations infra-annuelles de l'emploi observée aux Etats-Unis depuis 1975 n'est alors pas surprenante.

Graphique 3.20.
Evolution du coefficient de variation de l'emploi aux Etats-Unis



Source : Série construite par l'auteur à partir de
U.S. Department of Labor. Bureau of labor statistics: all employees

A ce niveau de l'analyse, une interprétation possible au développement de la flexibilité du travail et de l'emploi en Europe serait celle d'une plus grande variabilité de la demande qui aurait débuté dans les années 1970 et se serait poursuivie jusqu'au milieu des années 1980. Cette dernière se répercuterait ainsi sur la production et donc indirectement sur l'emploi, poussant ainsi les firmes à ajuster leur effectif via les formes flexibles d'emploi.

2.3. Evolution de l'utilisation des autres modalités d'adaptation : complémentarité ou substitution ?

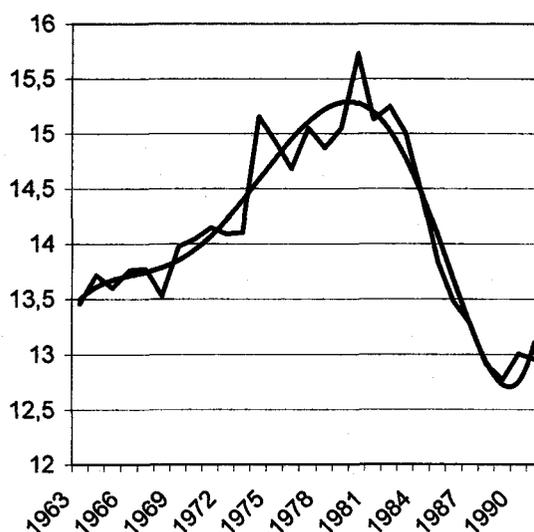
L'étude des autres modalités possibles que sont la flexibilité des prix et le stockage montre cependant que, parallèlement à cette variabilité accrue de la production et de l'emploi, les firmes utiliseraient beaucoup moins le stockage et presque plus l'ajustement par les prix pour s'adapter aux variations infra-annuelles de demande. Le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi ne serait alors que la résultante d'un changement de comportement des firmes dans la manière dont elles s'adaptent aux variations infra-annuelles de demande qu'elles subissent et non celle de variations de demande plus importantes nécessitant une adaptation plus forte.

2.3.1. Une baisse de l'utilisation du stockage

Pour étudier l'évolution de l'utilisation du stockage, nous nous sommes basés sur la variable "TSTOC" de la base de données "Finance" du CEPII. Cette dernière présente le rapport des encours de stocks sur la valeur ajoutée de sociétés, quasi-sociétés et des entreprises individuelles en France en valeur par trimestre de 1963 à 1991.

Si le nombre moyen de jours de production en stock sur l'année a augmenté de plus de 15% des années 1960 au début des années 1980, on observe ensuite à partir de 1982 une chute brutale de l'utilisation du stockage puisqu'en moyenne sur l'année, le nombre de jours de production en stock baisse de près de 1/5.

Graphique 3.21.
Evolution du nombre moyen de jours de production en stock sur l'année



Source : série construite par l'auteur à partir de la base de données "finance" du Cepii, variable "TSTOC"

L'utilisation du stockage comme modalité d'adaptation aux variations infra-annuelles de demande a donc connu une période de croissance au même moment que celle de la flexibilité du travail et de l'emploi (1973-1981). Le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi n'était cependant, au cours de cette période, qu'à ses débuts en France. La croissance des emplois à

temps partiel s'est réellement produite sur la période 1979-1986⁷⁹ et celle des emplois temporaires a débuté à partir de 1985-1986 : ce qui correspond à la période de forte décroissance de l'utilisation du stockage.

On observe, à partir de 1989, une légère reprise du stockage, date à laquelle l'ampleur des variations de production et sa variabilité semble se réduire légèrement, date à laquelle également les variations infra-annuelles de l'emploi sont sur une pente décroissante et date à laquelle enfin l'utilisation des modalités d'adaptation relatives au temps travail et à l'emploi a légèrement décliné.

2.3.2. Une moindre utilisation de la flexibilité des prix

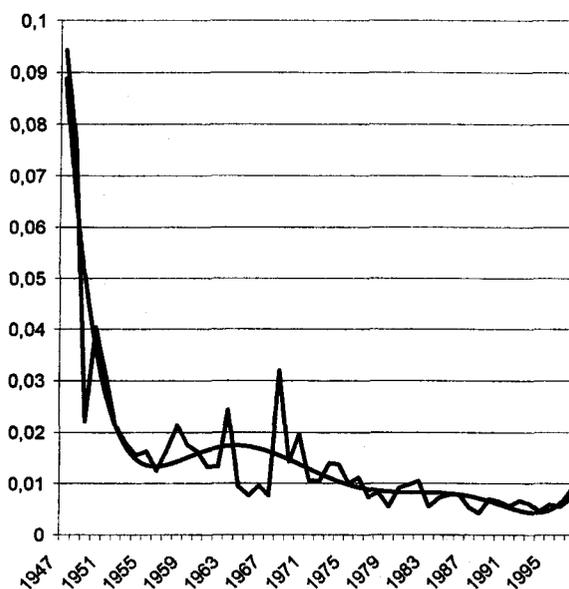
Comme les séries d'emploi, les séries disponibles sur l'évolution des prix pour les pays européens sont corrigées des variations saisonnières et ne pouvaient donc être utilisées pour mettre en évidence d'éventuelles variations infra-annuelles. La seule série brute disponible au niveau de l'Europe est celle du prix trimestriel de la valeur ajoutée de 1947 à 1997 pour 12 branches de l'économie française⁸⁰ proposée dans la base de données "VATRIM" du Cepii.

Nous avons pour chaque branche d'activité de cette base calculé le coefficient de variation annuel du prix de la valeur ajoutée et présentons ici la moyenne arithmétique annuelle de ces indicateurs.

⁷⁹ la part de salariés à temps partiel dans l'emploi salarié passe de 6 à 12%.

⁸⁰ agriculture, pêche et sylviculture (PVAU01), industries agricoles et alimentaires (PVAU02), énergie (PVAU03), biens intermédiaires (PVAU04), biens d'équipement (PVAU05), biens de consommation (PVAU06), bâtiment et génie civil et agricole (PVAU07), commerces (PVAU08), transports et télécommunications (PVAU09), services y compris services du logement (PVAU10), institutions de crédit et assurances (PVAU12), services non marchands (PVAU14).

Graphique 3.22.
Evolution du coefficient de variation du prix de la valeur ajoutée



Source : Série construite par l'auteur à partir des données de la base "Vatrim" du Cepii.

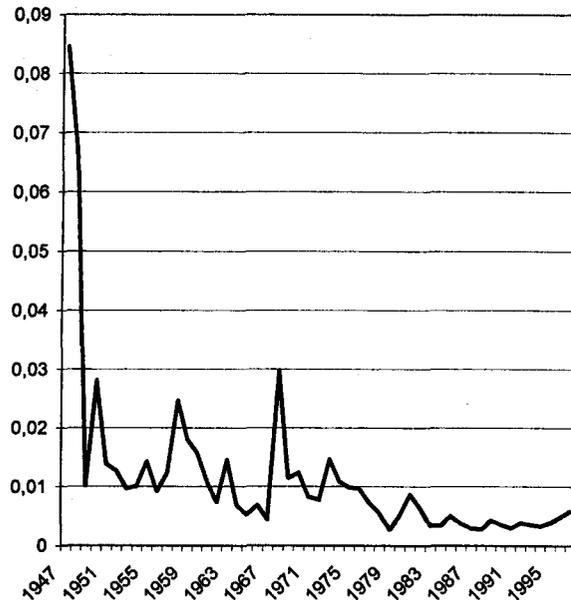
L'évolution de la moyenne des coefficients de variation du prix de la valeur ajoutée des différentes branches de l'économie montre que, depuis le début des années 1970, l'ampleur des variations est, d'une part, devenue plus stable et, d'autre part, qu'elle est en baisse. Depuis les années 1970 il y a très peu de variation de prix au cours de l'année : le coefficient de variation n'excède jamais 1%.

On tendrait ainsi vers un schéma où les fluctuations de prix ne seraient plus utilisées par les firmes comme moyen d'adaptation aux variations d'environnement qu'elles subissent.

Phénomène généralisé à toutes les branches de l'économie

Si l'on regarde l'évolution de l'écart-type associé à chacun de ces indicateurs, il montre une convergence des différentes branches de l'économie vers le schéma "pas de fluctuation". L'homogénéisation vers ce schéma s'observe notamment depuis 1981.

Graphique 3.23.
Ecart-type du coefficient de variation du prix de la valeur ajoutée
des différentes branches de l'économie

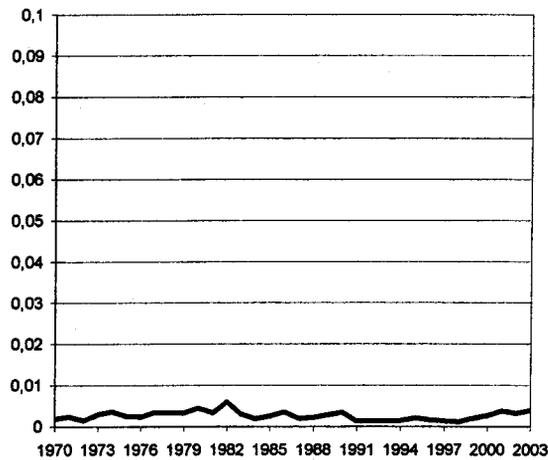


Source : Série construite par l'auteur à partir des données de la base "Vatrim" du Cepii.

Cette conclusion peut paraître étonnante. On aurait d'ailleurs eu tendance à imputer ce résultat au fait que nous travaillons sur données macro-économiques si un rapport très détaillé de 2002 sur les prix des produits alimentaires – réputés pourtant très variables – n'avait pas abouti au même résultat. L'étude réalisée dans ce rapport au niveau cette fois non plus des branches d'activités mais bien des produits montre très nettement que les prix de vente de la plupart des produits alimentaires ne fluctuent presque plus à l'intérieur de l'année de nos jours. Les prix de détail ne subiraient ainsi qu'une part résiduelle de saisonnalité. "L'effet de la saisonnalité des prix des produits alimentaires, lié au calendrier des productions, est de moins en moins sensible le long de la filière pour chaque produit : chaque intervenant accepte *de facto* d'amortir dans son prix de vente la variabilité du prix de ses achats" (Cf. Rouchet, 2002).

Ce constat semble d'ailleurs également valable aux Etats-Unis mais il se serait encore une fois produit plus tôt qu'en Europe puisque le coefficient de variation des prix n'a jamais dépassé les 1% depuis les années 1970.

Graphique 3.24.
Evolution du coefficient de variation du prix à la consommation aux Etats-Unis



Source: Série construite par l'auteur à partir des données de U.S. Department of Labor. Bureau of Labor Statistics

L'évolution de la flexibilité des prix suit donc la tendance inverse de celle du travail et de l'emploi.

CONCLUSION

Ainsi, le développement des formes flexibles d'emploi qui s'est produit dans la quasi-totalité des pays européens dans les années 1970-1980 semble bien le signe d'une modification profonde dans le choix d'adaptation des firmes aux variations infra-annuelles de demande.

Certes, on ne peut nier que ce développement des formes flexibles d'emploi n'est pas indépendant d'autres phénomènes (comme la crainte de s'engager dans une relation durable d'emploi sans garantie de pérennité du besoin ou de la qualité du candidat). Certes également, la tertiarisation explique pour une part l'augmentation du temps partiel qui est un moyen de flexibiliser la durée du temps de travail.

Mais la concomitance de la montée des formes flexibles et des autres changements montre que l'explication principale doit être cherchée ailleurs.

Parallèlement au développement des formes flexibles d'emploi, on assiste, en effet, dans la plupart des pays européens à un moindre lissage de la production dont on peut penser qu'il s'accompagne de variations infra-annuelles plus importantes de l'emploi.

Il est vrai que, à ce stade, on peut encore arguer, comme certains auteurs, que le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi n'est que la conséquence d'un besoin d'adaptation plus important des firmes causé par une amplification des fluctuations de demande. Mais la baisse conjointe de la flexibilité des prix et de l'utilisation du stockage va dans le sens d'une interprétation en terme de changement de stratégie d'adaptation.

Les firmes auraient ainsi décidé au cours des années 1970-1980 de moins utiliser les modalités d'adaptation permettant de lisser la demande via le lissage des ventes (flexibilité des prix) ou de la production (utilisation du stockage) au profit de la flexibilité du travail et de l'emploi.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

L'étude bibliométrique réalisée dans le premier chapitre a mis en évidence un phénomène assez troublant. Outre le fait que le thème de la flexibilité n'est apparu que dans les années 1970 dans la littérature économique-gestionnaire, il s'est depuis 1983 principalement développé en gestion des ressources humaines. Ce domaine de recherche est ainsi devenu depuis 1987 celui qui prédomine sur la question en Europe. Plus qualitativement, la littérature présente, à partir des années 1980, la flexibilité du travail et de l'emploi comme "la" modalité d'adaptation efficace des firmes aux variations infra-annuelles de demande.

Ce développement soudain – et d'ailleurs toujours d'actualité – a suscité nos premières interrogations. Que s'est-il produit au cours de cette période qui peut expliquer le développement de la littérature sur le thème de la flexibilité et principalement en gestion des ressources humaines ? N'est-il que le fruit d'un effet de mode ou traduit-il un réel besoin d'adaptation des firmes ?

L'étude des fluctuations d'activité de 105 établissements réalisée dans le deuxième chapitre met clairement en évidence un important besoin d'adaptation des firmes. Les firmes sont, d'une part, soumises à des variations infra-annuelles de demande non négligeables – la demande varie en moyenne du simple au triple sur l'année – et, d'autre part, le degré de prévisibilité de ces variations est assez faible (de l'ordre du 1/3 des fluctuations). Ce besoin reste cependant variable d'une firme à l'autre : certains secteurs par exemple (l'industrie et la construction) sont plus touchés que d'autres (les services).

Il y a donc bien un problème réel d'adaptation. Reste à comprendre cependant pourquoi la littérature privilégie la flexibilité du travail et de l'emploi comme modalité d'adaptation alors qu'en théorie la firme a d'autres moyens à sa disposition pour s'adapter que sont la flexibilité des prix, le stockage, le report ou encore le rationnement de demande. Que s'est-il passé au cours des années 1970-1980 ? Les politiques des firmes ont-elle évolué parallèlement à la littérature ?

On observe effectivement au cours des années 1970-1980 un développement très net de toutes les formes flexibles d'emploi en France et en Europe. Ce dernier s'est d'ailleurs accompagné d'une plus grande variabilité de la production et de l'emploi, traduisant ainsi une utilisation accrue de la flexibilité du travail et de l'emploi comme modalité d'adaptation aux variations infra-annuelles de demande subies.

Parallèlement au développement de la flexibilité du travail et de l'emploi, des changements concomitants se sont produits dans l'utilisation des autres modalités d'adaptation : baisse de l'emploi du stockage et de la flexibilité des prix.

Cette simultanéité dans les changements observés ne peut être le fruit du hasard et semble privilégier la thèse d'un changement de comportement des firmes en matière d'adaptation aux fluctuations infra-annuelles de demande qu'elles subissent. Les firmes seraient ainsi passées d'une stratégie d'adaptation basée sur le lissage de la production par le biais de la flexibilité des prix et du stockage à une stratégie basée sur l'adaptation "au plus près" de la production à la demande par le biais de la flexibilité du travail et de l'emploi.

Pourquoi les entreprises ont-elles modifié leur comportement en matière d'adaptation aux variations infra-annuelles de demande ? Pourquoi ont-elles substitué la flexibilité du travail et de l'emploi aux autres modalités d'adaptation ? L'énigme est posée.

Ce changement relevant d'un choix de la firme doit trouver son interprétation au niveau des déterminants de son choix. Nous nous emploierons, dans la deuxième partie de cette thèse, à résoudre l'énigme sur cette base

DEUXIEME PARTIE

**UNE INTERPRETATION ANALYTIQUE
DU DEVELOPPEMENT
DE LA FLEXIBILITE DU TRAVAIL ET DE L'EMPLOI**

INTRODUCTION

Une firme soumise à des fluctuations infra-annuelles de demande cherche à s'y adapter et utilise, pour ce faire, tout ou partie des différentes modalités d'adaptation à sa disposition. L'objectif de cette deuxième partie est de comprendre ce qui peut pousser une firme soumise à des fluctuations de demande sur l'année à changer de stratégie d'adaptation afin de trouver une interprétation cohérente au changement de comportement que nous avons mis en évidence dans le chapitre précédent.

Plusieurs interprétations sont données, dans la littérature, du développement de la flexibilité du travail et de l'emploi. Les plus fréquentes sont :

- l'ampleur des variations de demande plus importante
- l'imprévisibilité de la demande plus forte
- l'assouplissement de la législation sur l'utilisation des formes flexibles d'emploi

En guise d'illustration des deux premières interprétations, on peut citer Legrand et al. (1999) : "on sait bien qu'une concurrence de plus en plus vive et une conjoncture de moins en moins prévisible nécessitent des règles qui donnent de la souplesse à la gestion des effectifs" ; du Tertre (1989) : "la variabilité et l'instabilité des formes de demande conduisent les entreprises à modifier leur comportement" ; Cart (1988) : "les entreprises sont confrontées à une incertitude croissante, à une activité souvent plus irrégulière" ou encore Nanteuil-Miribel et al. (2004) : "le recours à diverses pratiques de flexibilité du travail et de l'emploi est généralement associé au principe de l'ajustement immédiat face à un environnement marchand de plus en plus contraignant et imprévisible".

Concernant la troisième interprétation, les exemples ne manquent pas non plus. Meulders et Tytgat (1989) affirment que "le rôle des pouvoirs publics [...] a été prédominant" dans l'émergence des emplois atypiques dans les pays de la "CEE". "Ceux-ci ont par leurs actions permis des évolutions qui autrement n'auraient pas eu lieu". Merle (1989) considère que si "plusieurs facteurs ont concouru à l'accentuation de ces traits spécifiques du marché du travail français

[...], les politiques publiques en matière d'insertion professionnelle et d'aide à la gestion des sur-effectifs ont sans doute contribué pour une part à renforcer cette tendance".

Quelle importance accorder à chacune de ces interprétations ? Expliquent-elles réellement toutes cette montée de la flexibilité du travail et de l'emploi ? Et si toutes résistent à l'analyse, n'y en a-t-il une qu'il faille principalement "incriminer" ?

Plusieurs chemins peuvent être empruntés pour répondre à ces questions. On peut, tout d'abord, se fonder sur les déclarations des acteurs eux-mêmes et examiner comment ils motivent leurs changements de stratégie. On peut, également, rapprocher les séries caractéristiques de l'utilisation des différentes modalités d'adaptation des firmes des séries caractérisant leurs déterminants supposés et rechercher les corrélations les plus convaincantes. Ces deux méthodes sont couramment employées. Mais elles sont généralement uniquement utilisées dans le but de déceler les facteurs qui expliquent le recours des firmes aux différentes formes de la flexibilité du travail et de l'emploi et non dans le but d'interpréter le changement de stratégie. Parmi les travaux s'inscrivant dans le premier type d'approche, on peut citer ceux de Agnès et al. (1988), Ramaux (1994), Boisard (1994), Guéry et al. (2004) ou encore de Dressen (2004). Concernant la deuxième approche ceux de Gasnier (1989), Tarondeau et Voudouris (1999), Coutrot (2000) ou encore Bunel (2004).

Il existe une autre manière, plus théorique, de répondre à la question. Elle est basée sur l'hypothèse classique, pour un économiste, que les stratégies d'adaptation reposent sur un choix rationnel des firmes.

Répondre à la question des déterminants des changements observés de stratégie passe alors par une analyse des déterminants de ses choix. Choisir telle modalité plutôt que telle autre provient d'un choix rationnel de la firme basé sur l'optimisation de son profit. Ce choix dépend dès lors du coût d'utilisation de chaque modalité (ou combinaison de modalités) mais dépend également de la possibilité ou non pour la firme de les mettre en œuvre – possibilité conditionnée, d'une part, par l'activité de la firme – la nature du produit qu'elle fabrique, le processus de fabrication mis en œuvre – et, d'autre part, par la prévisibilité des variations de demande.

Nous allons, dans cette deuxième partie, sur la base d'une analyse de la stratégie optimale d'une firme soumise à des variations d'environnement touchant sa demande, étudier les déterminants de son choix et ainsi proposer une interprétation au changement de comportement observé.

Cette deuxième partie se décomposera en trois chapitres.

Dans le quatrième chapitre, nous présenterons les choix de modélisation que nous avons retenus. Partant du cadre traditionnel d'une firme se situant en concurrence monopolistique et produisant un seul bien, nous intégrerons les hypothèses que la demande adressée à l'entreprise pour ce bien est fluctuante sur l'année et pour partie aléatoire. Nous verrons alors comment l'introduction de ces deux nouvelles hypothèses entraîne un développement des modalités d'adaptation possibles et que l'objectif poursuivi par la firme de maximiser son profit ne peut plus être résolu en statique mais en dynamique. Nous verrons également que certaines modalités d'adaptation diffèrent selon que les variations de demande sont prévisibles ou imprévisibles – ou dans la possibilité ou dans le coût de mise en oeuvre. Nous définirons alors analytiquement le programme d'optimisation que cherche à résoudre la firme et proposerons une méthode de résolution en trois étapes interdépendantes permettant de comprendre l'imbrication de ses décisions.

Modalités d'adaptation et coûts étant différents que les variations de demande soient prévisibles ou imprévisibles, l'analyse des déterminants du choix de la firme selon la prévisibilité des variations d'environnement sera alors indispensable.

Le chapitre 5 sera donc consacré à l'analyse des déterminants du choix de la firme en environnement certain. A partir de notre modélisation et sur la base du raisonnement que nous aurons présenté dans le chapitre 4, nous chercherons comment une firme s'adapte à des variations de demande parfaitement prévisibles. Qu'est-ce qui détermine les quantités qu'elle va vendre, les quantités qu'elle va produire ou encore le niveau de ses effectifs ? Pourquoi décide-t-elle de stocker, de reporter une partie de ses ventes ou de s'adapter grâce à la flexibilité du travail et de l'emploi ? A la fin de ce chapitre, nous serons en mesure de comprendre les déterminants de ses choix lorsque la demande qui lui est adressée est parfaitement prévisible et pourrons alors

objectivement répondre à certaines de nos interrogations et notamment à celles-ci : l'ampleur plus importante des fluctuations de demande est-elle à l'origine du développement de la flexibilité du travail et de l'emploi ? La firme change-t-elle de modalités d'adaptation lorsque le coût relatif de l'une (ou plusieurs) d'entre elles se modifie ?

Dans le chapitre 6, nous poursuivrons toujours le même objectif : analyser les déterminants du choix de la firme mais nous ferons cette fois l'analyse en environnement incertain. Cette deuxième analyse nous permettra alors de voir si, lorsque la demande adressée à l'entreprise est soumise à des variations aléatoires, les modalités d'adaptation qu'elle choisit changent, et de mettre en évidence les déterminants de ces changements. Il sera alors possible de vérifier, sur une base théorique, l'hypothèse selon laquelle une plus grande imprévisibilité de la demande peut être à l'origine du développement de la flexibilité du travail et de l'emploi.

CHAPITRE 4

LA FIRME ET SON ENVIRONNEMENT : UNE MODELISATION

Analyser, sur une base rationnelle, les déterminants du choix de la firme demande une étape préalable et indispensable de modélisation de son environnement. Tout bon manuel adressé aux étudiants de premier cycle d'économie présente le "programme du producteur" : d'un côté, nous avons une firme qui produit un bien ; de l'autre, des consommateurs qui lui adressent une demande pour ce bien. La première notion enseignée est que le producteur – ou, terme équivalent, la firme – cherche à maximiser son profit.

Si la firme se situe en concurrence monopolistique, ses actions sont indépendantes de celles de ses concurrents. Elle est "price maker" et peut à la fois décider de la quantité de bien à produire et de son prix de vente. Elle choisit alors simultanément prix et quantité qui maximisent son profit.

La quantité produite est toutefois conditionnée par la capacité de production de la firme. Elle la fixera à long terme mais devra à court terme tenir compte de cette contrainte et ne pourra pas produire au-delà. La demande totale adressée à l'entreprise, quant à elle, traditionnellement représentée par une fonction décroissante du prix de vente, est considérée, pour un prix de vente donné, comme constante au cours du temps.

Le problème est alors assez vite résolu : l'hypothèse de constance de la demande permet de pouvoir raisonner en "statique". La firme fixe prix et quantité qui maximisent son profit au cours d'une période donnée et ne s'écartera pas de cette stratégie optimale. Elle produira à chaque sous-période de l'année la même quantité Q qu'elle vendra au même prix P . Elle pourra ainsi fixer sa capacité de production Q^* à Q . Quant au facteur travail, la firme produisant à chaque période la même quantité, son utilisation sera stable.

Mais, chacun le sait, pour un prix de vente donné, la demande n'est pas constante au cours de l'année. Dès lors qu'on lève cette hypothèse et que nous intégrons le fait que la demande est fluctuante au cours de l'année, le problème se complexifie sérieusement. L'objectif de la firme est toujours de maximiser son profit, mais nous verrons que les modalités d'adaptation possibles se multiplient. Si l'on intègre, de plus, l'hypothèse, qu'une partie de la demande adressée à l'entreprise est imprévisible, les modalités d'adaptation peuvent encore différer.

L'objectif de ce chapitre 4 est de proposer une modélisation permettant de tenir compte de ces deux hypothèses et capable d'intégrer les "nouvelles" modalités d'adaptation découlant de ces deux hypothèses.

Nous présenterons, dans une première section, la manière dont nous allons intégrer les hypothèses de demande fluctuante et en partie aléatoire dans notre modélisation et verrons en quoi l'introduction de ces deux hypothèses offre de nouvelles modalités d'adaptation à la firme qui modifient son programme d'optimisation. L'objectif ne sera pas d'apporter de réponses aux déterminants de ses choix face à ces nouvelles modalités d'adaptation – ce sera l'objet des deux chapitres suivants – mais de soulever les nouveaux problèmes de choix auxquels est confrontée la firme lorsque la demande qui lui est adressée fluctue au cours de l'année.

Nous montrerons que, face à une demande fluctuante sur l'année, la firme ne décide pas forcément de fixer un prix unique et de produire la même quantité à chaque sous-période de l'année. Trois problèmes se posent alors :

- le premier problème est celui du choix de la capacité de production : à quel niveau la fixer si la quantité produite peut varier au cours de l'année ? La firme n'a-t-elle pas intérêt à limiter sa capacité de production et renoncer à satisfaire toute sa demande ?
- le second problème concerne le niveau des effectifs : la firme a-t-elle encore intérêt à fonctionner avec un effectif parfaitement stable sur l'année ? N'est-il pas plus avantageux que le niveau d'effectif employé suive les variations des quantités à vendre ?
- enfin, le troisième problème concerne la production : la firme n'a-t-elle pas intérêt, malgré les variations infra-annuelles de demande, à produire la même quantité à chaque sous-période de l'année ?

Le choix de la firme – basé sur la recherche du profit maximal – dépendra alors du coût relatif de mise en œuvre de chacune des modalités d'adaptation envisageables. Nous présenterons donc, dans une deuxième section, le changement d'écriture du coût de production qu'induit l'introduction de ces "nouvelles" modalités et en proposerons une modélisation.

Nous verrons ensuite que la plupart de ces modalités sont interdépendantes : le choix d'utiliser l'une d'entre elles va influencer le recours que la firme aura dans les autres. La détermination du choix optimal ne peut donc se résoudre par une simple comparaison du profit obtenu lorsqu'elle utilise une seule modalité d'adaptation. Nous définirons alors le "nouveau" programme d'optimisation que cherche à résoudre la firme et le raisonnement que nous allons mener pour y parvenir.

1. LA DEMANDE ADRESSEE A L'ENTREPRISE ET LES NOUVELLES MODALITES D'ADAPTATION

Dans cette première section, nous allons, dans un premier temps, sur la base du cadre traditionnel d'une firme en concurrence monopolistique produisant un seul bien, présenter la manière dont nous avons intégré deux hypothèses supplémentaires :

- la demande est en partie aléatoire
- la demande est fluctuante sur l'année.

Nous montrerons alors, dans un deuxième temps, que l'introduction de ces deux nouvelles hypothèses implique un développement des modalités d'adaptation envisageables pour la firme dont elle devra désormais tenir compte dans son choix.

1.1. Introduction des hypothèses de demande fluctuante à court terme et en partie aléatoire

Soit une entreprise produisant un seul bien et se situant en concurrence monopolistique. La demande qui lui est adressée pour ce bien est une fonction décroissante du prix de vente qu'elle pratique. Elle ne connaît ni de tendance croissante, ni de tendance décroissante.

Sur la base de la décomposition classique retenue pour toute analyse de série chronologique, nous pouvons introduire l'hypothèse supplémentaire qu'une partie de la demande qui lui est adressée est imprévisible. On peut décomposer la demande additivement⁸¹ en deux parties : une partie déterministe et une partie aléatoire.

$$\forall t D_t(P) = f(P) + u_t$$

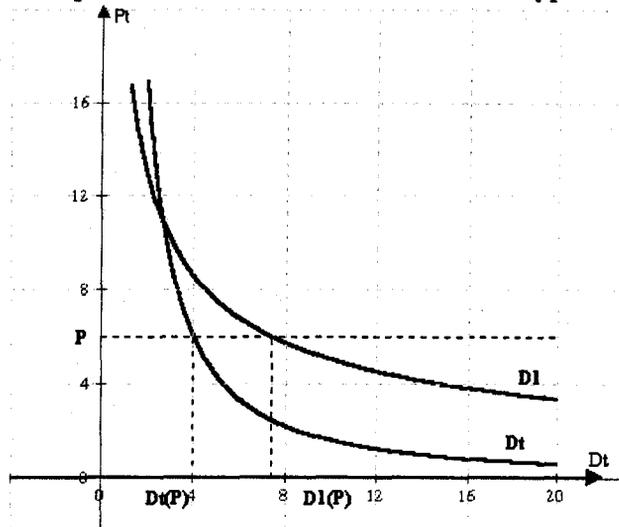
où $f(P)$ représente la partie déterministe de la demande
et u_t la partie aléatoire

Nous présenterons dans un premier point la partie déterministe de la demande en supposant $u_t = 0$ (§1.1.1.), puis dans un second temps, nous présenterons la partie aléatoire en supposant cette fois la partie déterministe constante $=D$ (§1.1.2.).

1.1.1. La partie déterministe de la demande

On suppose – *hypothèse 1* – que la firme connaît au cours de l'année des variations de demande. Ainsi, pour un prix de vente donné, la demande adressée à l'entreprise peut être différente d'une période à l'autre.

Graphique 4.1.
Représentation de la demande
pour deux périodes distinctes de l'année sous l'hypothèse 1



⁸¹ si la demande se décompose multiplicativement $\forall t D_t(P) = f(P)u_t$, il suffit de travailler en logarithme pour revenir à une décomposition additive.

La *deuxième hypothèse* que nous ferons est que la demande adressée à l'entreprise est plus ou moins forte selon les périodes de l'année. Ainsi, au cours d'une période donnée $t+1$, quel que soit le prix de vente pratiqué, la demande adressée à la firme sera plus forte (ou plus faible) que celle de la période t . Cela implique que $\forall t$ les différentes demandes adressées à la firme ne se coupent jamais.

Enfin, afin de pouvoir quantifier l'ampleur des variations de demande, on supposera également que - *hypothèse 3* - le déplacement de la demande au cours de la période t par rapport à la demande d'une période de référence s'opère par simple homothétie de rapport ζ_t .

$$\forall t \quad D_t(P) = \zeta_t D_1(P)$$

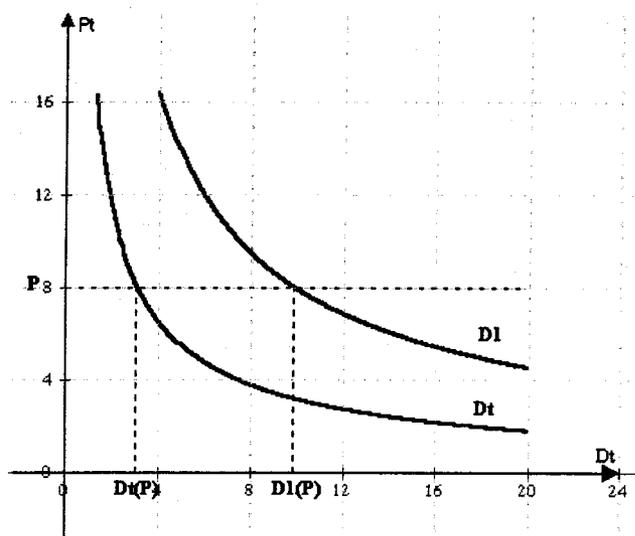
Nous prendrons comme période de référence la période au cours de laquelle la demande adressée à l'entreprise est la plus forte. Ainsi, pour un prix P donné, nous serons capable de dire que la demande de la période t est x fois plus faible que celle de la période de référence et pourrons ainsi par ce biais étudier l'influence de l'ampleur des fluctuations de demande⁸². Ce choix de spécification aura de plus comme avantage que, pour un prix donné, l'élasticité prix de la demande est identique :

$$\forall t \quad e_{D_t/P}(P) = e_{D_1/P}(P)^{83}$$

⁸² Le calcul de statistique descriptive comme l'étendue relative, le coefficient de variation sera alors possible.

⁸³ en effet : $e_{D_t/P} = \frac{D_t'(P)P}{D_t(P)} = \frac{\zeta_t D_1'(P)P}{\zeta_t D_1(P)} = e_{D_1/P}$

Graphique 4.2.
Représentation de la demande
pour deux périodes distinctes de l'année sous l'hypothèse 3



Nous garderons cette formalisation assez générale de la demande aussi longtemps que cela sera possible. Nous serons cependant obligés, dans certains cas (notamment pour déterminer la quantité à vendre lorsque les prix sont flexibles⁸⁴), de donner une spécification un peu moins générale de la demande et de faire une *quatrième hypothèse* : celle d'iso-élasticité des courbes de demande en utilisant la spécification suivante :

$$\forall t \quad D_t(P) = A_t P^\alpha \quad \text{où } A_t = \lambda_t A_{t-1}$$

avec α , l'élasticité prix de la demande, qui est inférieure à -1 .

P , le prix de vente au cours de la période t

et $\lambda_1 = 1$ pour la demande de la période de référence $D_1(P)$ et $\lambda_t = \frac{\zeta_t}{\zeta_{t-1}}$ ⁸⁵

⁸⁴ à prix flexible, la firme détermine la quantité à vendre en égalisant sa recette marginale à son coût marginal de production. Il faut donc pouvoir calculer la recette marginale de la firme, d'où la nécessité de spécifier un peu plus la demande dans ce cas précis.

⁸⁵ *démonstration* : Si on applique à ce cas particulier de spécification de demande, l'hypothèse générale, on a :

$$D_1(P) = A_1 P^\alpha$$

$$D_t(P) = \zeta_t A_1 P^\alpha$$

Si l'hypothèse d'iso-élasticité de la demande n'est pas très réaliste - la demande n'existe plus pour un prix infini et n'est pas infinie pour un prix quasi-nul - nous ne l'utiliserons que sur une portion de la courbe de demande de sorte que cette hypothèse reste vraisemblable. On peut en effet considérer que, sur cette portion, les variations de l'élasticité sont tellement faibles qu'elles peuvent être négligées.

1.1.2. La partie aléatoire de la demande

Si l'on suppose la partie déterministe de la demande constante au cours de l'année (égale à $D \forall t$), alors la demande totale adressée à l'entreprise à chaque période t est égale à :

$$\forall t \quad D_t(P) = D + U_t$$

La demande aléatoire qui vient s'ajouter à la partie déterministe est parfaitement exogène. Elle provient de variations d'environnement imprévisibles par la firme et ne dépend ni du prix de vente du bien, ni de la quantité "prévisible" de bien demandée. Nous envisagerons, lorsque ce sera nécessaire, deux types de variations d'environnement imprévisibles vraisemblables :

- des variations indépendantes les unes des autres

L'aléa touchant la demande au cours d'une sous-période donnée ne laisse dans ce cas absolument rien présager des aléas futurs.

- des variations d'environnement provoquant un simple déplacement de la demande

On supposera alors que, sur l'année, les fluctuations autour de la demande prévisible se compensent, ou pour le dire autrement, que la somme des fluctuations aléatoires est nulle :

$$\sum_{t=1}^n U_t = 0$$

$$D_{t+1}(P) = \zeta_{t+1} A_t P^\alpha = \frac{\zeta_{t+1}}{\zeta_t} \zeta_t A_t P^\alpha = \frac{\zeta_{t+1}}{\zeta_t} A_t P^\alpha$$

Or, $D_{t+1}(P) = \lambda_{t+1} A_t P^\alpha$

De sorte que : $\lambda_{t+1} = \frac{\zeta_{t+1}}{\zeta_t}$

Et à la différence de Larrey (1998) qui, dans son traitement des variations de demande aléatoires, suppose que l'on connaît parfaitement la périodicité des variations mais pas leur intensité, nous opterons pour l'hypothèse faite par Zylberberg (1981) : l'entreprise connaît la distribution de probabilité de la demande aléatoire. Elle connaît donc globalement la demande qui lui sera adressée sur l'année mais elle ne sait pas comment elle se répartira entre les différentes sous-périodes.

1.2. Les implications sur son choix d'adaptation

L'introduction des hypothèses de demande fluctuante au cours de l'année et en partie aléatoire modifie considérablement le programme d'optimisation de la firme. Nous allons soulever ici les problèmes rencontrés par l'introduction de ces hypothèses et présenter les "nouvelles" modalités d'adaptation offertes à la firme dans le cadre d'une demande fluctuante.

Partons du cadre traditionnel où la demande adressée à l'entreprise est constante au cours du temps.

Face à une demande constante, et sans changement dans la fonction de production, la firme a toujours intérêt au cours de l'année à produire à chaque sous-période la même quantité de bien et à pratiquer le même prix de vente. La firme peut dès lors raisonner en "statique". Elle cherche pour une sous-période de l'année la quantité à vendre Q et le prix de vente P tel que son profit soit maximisé. Elle cherche donc à résoudre le programme d'optimisation suivant :

$$\begin{cases} \text{Max}_{Q,P} & RT - CT \\ \text{s.c.} & Q = D(P) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \text{Max}_{Q,P} & PQ - C(Q) \\ & Q = D(P) \end{cases}$$

où $D(P)$ est la fonction de demande des consommateurs et $C(Q)$ la fonction de production de la firme.

La firme cherchera P tel que le programme suivant soit vérifié :

$$\text{Max}_P \quad PD(P) - C(D(P))$$

ou – ce qui est équivalent – cherchera Q tel que ce programme soit vérifié :

$$\text{Max}_Q \quad P(Q)Q - C(Q) \quad \text{où } P(Q) = D^{-1}(Q) \text{ est la fonction de demande inverse}$$

Le programme étant identique à chaque sous-période de l'année, la quantité vendue Q et le prix P seront optimaux pour chaque sous-période de l'année et l'entreprise ne s'écartera donc pas de cette solution. Elle fixera sa capacité de production Q^* de sorte à pouvoir produire Q à chaque sous-période de l'année et, la production étant constante sur l'année, elle fixera le niveau de son effectif de telle sorte qu'il produise Q à chaque sous-période. Cet effectif sera ainsi stable au cours de l'année.

Introduisons maintenant le fait que la demande fluctue au cours de l'année et qu'elle est pour partie aléatoire et supposons que l'entreprise cherche toujours à chaque sous-période de l'année, la quantité à vendre Q et le prix de vente P qui maximise son profit.

La demande étant variable, la quantité à vendre Q et le prix de vente P seront différents à chaque sous-période de l'année. On indicera donc désormais par t chacune de ces variables ; t étant le numéro de période prise dans l'ordre chronologique du calendrier⁸⁶.

En optimisant ainsi le profit sur chaque sous-période de l'année, il semble facile de trouver la quantité Q_t et le prix de vente P_t que la firme fixera à chaque sous-période t de l'année et ainsi trouver son programme de production annuel. Deux problèmes sont pourtant déjà sous-jacents :

- la flexibilité des prix (§1.2.1.)
- la variation des quantités produites et ses implications (§1.2.2.)

1.2.1. La flexibilité des prix

En résolvant le programme comme nous venons de le faire, on fait l'hypothèse que la firme peut faire varier son prix de vente comme elle le souhaite à chaque sous-période de l'année. Or, cette hypothèse n'est pas toujours vraisemblable. L'ajustement des prix peut dans certaines firmes avoir un coût non négligeable,

⁸⁶ Si la sous-période est la semaine : $t=1$ correspond à la première semaine de l'année, $t=2$ à la deuxième, ... et $t=52$ à la 52^{ème}. Par contre si la sous-période est le mois : $t=1$ correspond au mois de janvier, $t=2$ au mois de février, ..., et $t=12$ au mois de décembre.

notamment en terme d'affichage. On pense par exemple ici aux entreprises de vente par correspondance qui à chaque modification de prix doivent relancer l'impression et la diffusion d'un nouveau catalogue. Le prix peut également être imposé à l'entreprise comme c'est le cas pour la plupart des intermédiaires de marques déposées ou certaines entreprises soumises à une législation particulière en matière de prix.

La deuxième limite à cette hypothèse de flexibilité des prix concerne la partie de demande aléatoire. Si en théorie, l'ajustement prix-quantité se fait instantanément, en réalité il faut un certain délai pour que la firme puisse modifier son prix. Ce moyen d'adaptation sera donc envisageable pour des variations de demande prévisibles – i.e. pour la partie déterministe de la demande – mais improbable pour des variations imprévisibles – i.e. pour la partie aléatoire de la demande. En effet, la firme ne pouvant pas prévoir à l'avance les variations de prix nécessaires pour vendre la quantité souhaitée, cette stratégie risque d'être constamment décalée dans le temps et donc d'être inefficace en terme d'adaptation aux fluctuations de demande. L'exemple le plus parlant est celui de la restauration. Un restaurateur va pouvoir augmenter ses prix pour un évènement particulier et prévu comme le nouvel an mais il ne pourra, par contre, pas augmenter ses prix au cours d'un repas parce qu'il se rend compte que, ce jour là, la demande est plus élevée. Il peut certes les augmenter le jour suivant mais ne connaissant pas la demande qui lui sera adressée le lendemain, rien ne dit que cette variation de prix sera efficace.

La flexibilité des prix n'est donc pas toujours possible à mettre en œuvre, notamment dans le cas de variations de demande imprévisibles.

1.2.2. La variation des quantités produites et ses implications

Le deuxième problème qu'introduit notre résolution hâtive concerne la variation des quantités produites au cours de chaque sous-période et ses implications.

La capacité de production

La firme peut en effet décider, face à une demande fluctuante, de produire à chaque sous-période une quantité de bien différente. Se pose alors la question de la capacité de production : cette dernière étant fixée à long terme, la firme

ne pourra pas la modifier d'une période à l'autre au gré de la quantité qu'elle souhaite produire. Elle devra la déterminer une fois pour toute. Mais à quel niveau la fixer ?

Le rationnement de demande

Si la firme décide de satisfaire toute la demande qui lui est adressée, elle devra la fixer au maximum de production des n sous-périodes de l'année. A-t-elle dès lors intérêt à s'adapter aux fluctuations de demande par les quantités ?

Supposons que la résolution de notre programme d'optimisation sur chaque sous-période conclut que la firme doit produire une quantité Q au cours de $n-1$ sous-périodes de l'année et une quantité égale à $2Q$ au cours de la dernière sous-période. A-t-elle intérêt à doubler sa capacité de production pour satisfaire "l'excédent de production" d'une seule période ?

Le rationnement de la demande devient une modalité d'adaptation envisageable. Il consiste, comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, à ne plus servir la demande lorsque le coût de l'adaptation aux variations infra-annuelles devient plus élevé que le gain que la firme en retire.

A prix flexible, si la demande adressée à l'entreprise au cours d'une sous-période est supérieure à la capacité de production souhaitée, la firme pouvant jouer sur le prix de vente du bien, elle augmentera son prix de vente de sorte que la quantité vendue soit égale à la quantité maximale qu'elle souhaite produire et ne rationnera donc jamais sa demande.

A prix rigide, en revanche, il n'est pas évident que la firme ait intérêt à augmenter sa capacité de production pour satisfaire au prix P fixé la demande qui lui est adressée. Lammens (1994) montre dans sa thèse que, face à une demande parfaitement prévisible, l'entreprise ne rationnera jamais sa demande (qu'elle ait ou non la possibilité de stocker). Elle préférera, si nécessaire, se doter d'une capacité de production élevée afin de satisfaire toute la demande qui lui est adressée sur l'année. Si ce problème peut donc être écarté pour des variations de demande prévisibles, il reste cependant entier lorsque les variations de demande sont imprévisibles. La capacité de production devant être fixée ex ante, la firme doit prendre sa décision avant de connaître les variations de demande qu'elle subira. Elle doit donc, si elle souhaite satisfaire

toute sa demande, envisager la demande la plus haute qui lui sera adressée sur l'année sans être sûre qu'elle se produira réellement. Il y a ainsi de fortes chances qu'elle fonctionne en surcapacité productive. A-t-elle dès lors intérêt à se doter d'une capacité productive coûteuse et qui ne servira peut-être pas ? N'a-t-elle pas intérêt à prendre le risque de rationner une partie de demande incertaine pour éviter de payer une capacité de production inutile ?

Le niveau des effectifs

La variation des quantités produites pose également le problème de la fixation des effectifs. L'entreprise pour satisfaire la production de chacune des sous-périodes de l'année a le choix entre deux types de mains-d'œuvre :

- une main-d'œuvre que nous appellerons "permanente"

Elle est fixée par la firme ex ante pour réaliser un nombre d'heures donné au cours de chaque sous-période et sera stable au cours de l'année. "Cette main-d'œuvre fixe représente l'ensemble des travailleurs sous contrat d'une durée suffisamment longue vis-à-vis des fluctuations de court terme" (Zylberberg, 1981) et ne peut pas être licenciée⁸⁷.

- une main-d'œuvre que nous appellerons "supplémentaire"

Cette main-d'œuvre peut prendre deux formes distinctes : ce peut être des effectifs "nouveaux" employés temporairement par l'entreprise pour une ou plusieurs sous-périodes de l'année⁸⁸ (CDD, intérim) – la firme fait alors appel à la flexibilité externe – ou des heures effectuées au delà du nombre d'heures fixé dans le contrat de travail par la main-d'œuvre permanente (heures supplémentaires, voire complémentaires pour les salariés à temps partiel) – elle fait dans ce cas appelle à la flexibilité interne.

Face à une demande constante, la firme produit exactement la même quantité de bien au cours de chaque sous-période de l'année. L'effectif permettant de satisfaire la production est donc stable au cours de l'année. L'emploi d'une

⁸⁷ L'effectif, que nous appelons "permanent", peut donc faire référence à toute forme de contrat de travail de durée supérieure à une année (CDI, CDD de longue durée...). La particularité de cette main-d'œuvre est qu'elle n'est pas embauchée pour un besoin ponctuel d'adaptation à des fluctuations de demande, contrairement à la main-d'œuvre que nous appellerons "supplémentaire".

⁸⁸ Inférieure à l'année sinon ils deviennent permanents.

main-d'œuvre supplémentaire est – comme nous le verrons lorsque nous étudierons les coûts des différentes modalités d'adaptation – généralement plus coûteux que l'emploi d'une main-d'œuvre permanente. La firme choisira donc de satisfaire sa production uniquement avec de la main-d'œuvre permanente.

Par contre, face à une demande fluctuante, dès lors que l'entreprise fait varier les quantités qu'elle produit au cours de chaque sous-période de l'année, elle devrait, dans l'absolu, faire varier son facteur travail dans les mêmes proportions⁸⁹ afin qu'il puisse satisfaire à chaque sous-période la quantité à produire. L'emploi du deuxième type de main-d'œuvre peut alors devenir intéressant pour la firme.

Reprenons notre exemple : supposons que la résolution de notre programme d'optimisation sur chaque sous-période conclut que la firme doit produire une quantité Q au cours de $n-1$ sous-périodes de l'année et une quantité égale à $2Q$ au cours de la dernière sous-période. A-t-elle intérêt à doubler son effectif permanent – qu'elle devra payer au cours des n sous-périodes le nombre d'heures nécessaire à la production de $2Q$ – pour satisfaire "l'excédent de production" d'une seule sous-période ?

Si dans cet exemple, il y a fort à parier que l'entreprise emploiera un niveau de main-d'œuvre permanente permettant de satisfaire Q et qu'elle produira le supplément de la dernière période par le biais d'une main-d'œuvre supplémentaire, il ne faut surtout pas écarter la possibilité que la firme peut avoir intérêt à fixer son effectif permanent au delà du nombre d'heures nécessaire à la production de certaines sous-périodes de l'année. L'emploi d'une main-d'œuvre supplémentaire générant un surcoût pour la firme, il est en effet tout à fait envisageable qu'il soit moins coûteux pour la firme de fonctionner en "sous-régime", le coût des heures improductives de la main-d'œuvre permanente en période basse pouvant être plus faible que le surcoût des heures effectuées par une main-d'œuvre temporaire en période haute⁹⁰.

⁸⁹ Il n'existe certes pas une proportionnalité stricte entre quantité produite et quantité de travail nécessaire à produire cette quantité : la productivité peut différer d'un travailleur à l'autre et le temps de travail ou sa pénibilité peut également influencer négativement sur la productivité d'un travailleur (effet de fatigue). On peut néanmoins considérer ce phénomène comme négligeable devant les variations du facteur travail strictement nécessaire à la production de chaque sous-période.

⁹⁰ Larrey (1998) élimine un peu rapidement ce problème en supposant que "la firme désire minimiser ses engagements vis-à-vis de la main-d'œuvre" permanente. Elle suppose que

Supposons, en effet, à l'extrême de notre exemple, que la résolution de notre programme d'optimisation sur chaque sous-période conclut que la firme doit produire une quantité de $2Q$ au cours de $n-1$ sous-périodes de l'année et une quantité égale à Q au cours de la dernière sous-période. On peut cette fois penser que la firme aura intérêt à fixer sa main-d'œuvre permanente de sorte qu'elle satisfasse la production de $2Q$. Elle la paiera certes "à ne rien faire" pendant une sous-période le nombre d'heures nécessaire à la production de Q , mais cette situation est certainement préférable à une situation où la firme emploierait un niveau de main-d'œuvre permanente permettant de satisfaire Q et de la main-d'œuvre supplémentaire pendant les $n-1$ sous-périodes où la production est de $2Q$ pour produire le différentiel de Q .

Le stockage et le report de demande

Faire varier les quantités produites et s'ajuster par ce biais aux fluctuations de demande est donc une solution possible. Est-elle pour autant optimale ? Comparativement à une situation où la production serait constante sur l'année, la firme paie une capacité de production plus élevée et l'adaptation de ses effectifs (ou les heures improductives de la main-d'œuvre permanente, et/ou le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire"). Deux autres modalités d'adaptation deviennent ici envisageables : le stockage, qui consiste à mettre de côté une partie de la production au cours des périodes de basse demande pour servir la demande des périodes hautes et le report de demande qui, symétriquement, consiste à "mettre de côté" des clients au cours des périodes de haute demande pour les servir au cours des périodes basses. Ces modalités peuvent ainsi permettre à l'entreprise de lisser sa production et par ce biais permettre à la fois d'éviter (ou de réduire) l'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire ou d'un sureffectif permanent ponctuel et de réduire la capacité de production installée nécessaire à la production annuelle.

L'introduction de l'hypothèse d'une demande fluctuante sur l'année complexifie donc considérablement le problème de maximisation du profit que la firme cherche à résoudre en offrant un certain nombre de modalités d'adaptation

"l'effectif permanent et optimal [...] sera celui qui est juste nécessaire" à la production de la demande minimale.

supplémentaires : la flexibilité des prix, la flexibilité du travail et de l'emploi, le stockage et le report de demande.

Le choix de la capacité de production et du niveau de l'effectif permanent n'est alors plus trivial. En effet, la capacité de production doit être fixée par la firme ex ante et reste inchangée sur l'année. Or, face à une demande fluctuante, la capacité de production optimale - égale au maximum de production sur l'année - n'est pas forcément celle provenant de l'agrégation des optimisations du profit sur chaque sous-période de l'année. Il en va de même pour le niveau d'effectif permanent qui doit également être décidé par la firme ex ante. Face à une demande fluctuante, il n'est pas forcément optimal pour la firme de le fixer de sorte qu'il satisfasse la production de chaque sous-période, ni de le fixer de sorte qu'il satisfasse le minimum annuel de production.

Le choix du niveau des effectifs et de la capacité de production ne peut dès lors plus se faire par une optimisation statique de chaque sous-période de l'année mais doit être optimisé pour l'année entière (i.e. pour les n sous-périodes composant l'année).

Enfin, le jeu de stockage et déstockage ou de report implique également une résolution du problème en dynamique. Les quantités stockées ou reportées au cours d'une sous-période de l'année seront déstockées ou satisfaites au cours d'une autre sous-période. Il existe ainsi un lien entre les différentes sous-périodes de l'année.

L'introduction de l'hypothèse de variations de demande aléatoires engendre, quant à elle, deux grandes différences en matière d'adaptation : si l'entreprise peut, comme dans le cas de variations de demande prévisibles, utiliser la flexibilité du travail et de l'emploi, le stockage ou le report de demande, elle ne peut plus s'adapter par les prix et peut donc peut-être avoir intérêt à rationner une partie de sa demande. Le choix peut dès lors différer selon que les variations de demande sont prévisibles ou imprévisibles.

2. LE PROGRAMME D'OPTIMISATION

Si la firme a, face à une demande fluctuante, le choix entre plusieurs options – en partie différentes selon la nature des variations de demande – rappelons que

son objectif est toujours la maximisation de son profit. L'introduction de ces "nouvelles" modalités d'adaptation implique nécessairement un changement dans les coûts composants le coût total de production. Nous allons dans cette deuxième section présenter, dans un premier temps, une réécriture de ces différents coûts et verrons en quoi l'imprévisibilité des variations de demande peut également jouer sur certains de ces coûts.

Nous montrerons alors, dans un deuxième temps, qu'il existe une interdépendance dans les décisions que prend la firme concernant chacune des modalités d'adaptation et que le choix ne se pose pas en terme d'alternative. De la quantité demandée à chaque sous-période va dépendre la quantité à vendre ; de la quantité à vendre va dépendre la quantité à produire et de la quantité à produire va dépendre le niveau des effectifs. Nous définirons alors le programme d'optimisation et présenterons la manière dont nous allons le résoudre.

2.1. Un changement dans les coûts de production

L'hypothèse de demande fluctuante – introduisant de nouvelles modalités d'adaptation possibles pour la firme – implique des changements dans le coût de production.

Coût de production lorsque la demande est constante

Face à une demande annuelle constante, le coût total de production peut se décomposer en trois types de coûts : les coûts fixes, les coûts variables et les coûts de main d'œuvre.

Les coûts fixes de production (CF) sont liés à l'installation en place et à son amortissement. Ils sont donc fonction de la capacité de production installée (Q^*) et, comme leur nom l'indique, identiques à chaque sous-période t de l'année.

$$\forall t \quad CF_t = cQ^* \quad \text{où } c \text{ est le coût fixe par unité de produit}$$

La production étant constante au cours de l'année ($\forall t Q_t=Q$), la capacité de production sera fixée au niveau de production de chaque sous-période de l'année ($Q^*=Q$).

Les coûts variables sont, quant à eux, liés à l'achat de matières premières et autres marchandises pour produire le bien. On peut considérer les coûts variables de chaque sous-période de l'année (CV_t) proportionnels à la quantité produite (Q_t) au cours de cette même sous-période.

$$\forall t \quad CV_t = aQ_t \quad \text{où } a \text{ représente le coût variable par unité de produit}$$

La production étant constante, les coûts variables seront identiques à chaque sous-période de l'année ($\forall t \quad CV_t = aQ$).

Enfin concernant les coûts de main-d'œuvre, ils se résument au coût salarial de la main-d'œuvre permanente. Si l'on appelle h le nombre d'heures de travail (mesurée en heures efficaces) effectuées par l'effectif permanent (E) au coût unitaire horaire w ⁹¹ à chaque sous-période t de l'année. On a alors :

$$\forall t \quad CMO_t = wEh$$

Coût de production lorsque la demande est fluctuante

Coûts fixes et coûts variables

Face à une demande fluctuante, indépendamment des modalités d'adaptation qu'elle a retenues, la firme doit toujours supporter les coûts fixes et variables de production. On a donc encore :

- pour les coûts fixes :

$$\forall t \quad CF_t = cQ^* \quad \text{où } c \text{ est le coût fixe par unité de produit}$$

Mais à la différence d'une demande constante, Q_t pouvant être différent d'une sous-période à l'autre de l'année, la capacité de production sera fixée à la quantité maximale produite au cours de l'année :

⁹¹ On suppose ici un coût unitaire horaire unique pour la main-d'œuvre permanente afin de simplifier le raisonnement. Si la firme n'emploie pas un type de main-d'œuvre permanente unique, w peut être interprété comme le coût horaire moyen de cette main-d'œuvre permanente.

$$Q^* = \max \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$$

- pour les coûts variables :

$$\forall t \quad CV_t = aQ_t \quad \text{où } a \text{ représente le coût variable par unité de produit}$$

La production n'étant plus ici forcément constante, les coûts variables pourront donc également différer à chaque sous-période de l'année.

Coûts de main-d'œuvre

Face à une demande fluctuante, les coûts de main-d'œuvre ne se résument plus uniquement au coût salarial de la main-d'œuvre permanente dans la mesure où la firme peut employer deux types de mains-d'œuvre : une main-d'œuvre permanente et/ou une main-d'œuvre supplémentaire.

La production n'étant plus forcément constante au cours de l'année, le coût salarial de l'entreprise au cours d'une sous-période donnée de l'année dépend de l'adéquation entre le besoin de travail H_t permettant de satisfaire la production Q_t (mesuré en heures efficaces) et le nombre d'heures de travail h effectuées par l'effectif permanent au coût unitaire horaire w .

Trois cas sont ainsi envisageables :

- le nombre d'heures de travail effectuées par l'effectif permanent est supérieur au besoin de travail permettant de satisfaire la production i.e. $E_h > H_t$

Dans ce cas, le coût salarial total sera toujours égal à :

$$CMO_t = wE_h$$

L'effectif permanent étant fixé, il ne sera pas utilisé à sa pleine capacité : l'entreprise sera en « sous-régime ».

- le nombre d'heures de travail satisfaisant la production est strictement égal au nombre d'heures où l'effectif permanent est à la disposition de l'entreprise i.e. $H_t = E_h$. Dans ce cas, le coût salarial total est minimal et toujours égal à :

$$CMO_t = wE_h$$

L'entreprise dispose d'un effectif permanent juste suffisant pour réaliser toute la production qu'elle souhaite effectuer.

- le besoin permettant de satisfaire la production est supérieur aux disponibilités en heures efficaces de l'effectif permanent (i.e. $H_i > E_h$).

Face à cette situation, l'entreprise doit alors utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire pour produire le différentiel. Elle dispose de deux solutions :

La première solution est un ajustement interne de l'emploi. Elle consiste à faire effectuer des heures supplémentaires à son effectif permanent. Ce recours est "la forme d'ajustement la plus facile à mettre en œuvre" (Cart, 1988) : elle ne demande aucun accord de l'inspection du travail, ni avec le collectif des salariés. Il existe cependant des limites (Le Corre, 1998) à son utilisation. Ainsi, en France :

- les heures supplémentaires sont limitées par un contingent annuel et par un maxima d'heures de travail hebdomadaire
- elles ne peuvent pas être imposées aux salariés
- elles donnent droit à une rémunération majorée croissante par palier ainsi qu'à un repos compensateur.

Comparativement à une heure de travail réalisée par l'effectif permanent dans le cadre de son contrat de travail, l'utilisation des heures supplémentaires engendre donc un surcoût pour la firme. Ce surcoût peut d'ailleurs être accru par une baisse éventuelle de la productivité de l'effectif permanent (dû à l'effet de fatigue).

Il faut cependant noter le cas particulier des contrats de travail à temps partiel qui peuvent prévoir une augmentation du temps de travail à certaines périodes de l'année sous forme d'heures complémentaires rémunérées au même taux horaire que les heures normales. Ce type de contrats, très fréquent dans le secteur des services, permet ainsi à la firme de profiter des mêmes avantages que les heures supplémentaires (disposer rapidement d'un volet de main-d'œuvre "supplémentaire" expérimenté) sans pour autant avoir à subir l'inconvénient majeur du surcoût d'utilisation de ce type d'ajustement de l'emploi.

La deuxième solution pour l'entreprise est un ajustement externe de l'emploi. Elle consiste à faire appel à de la main-d'œuvre temporaire quand l'effectif permanent n'est plus suffisant pour satisfaire tous ses besoins en travail. Il existe deux types de main-d'œuvre temporaire :

- les contrats à durée déterminée
- l'intérim

L'utilisation de ces types de mains-d'œuvre "présente l'avantage d'associer à chaque niveau de production, un effectif de travailleurs optimal" (Cart, 1988). Cependant, elle a aussi un coût pour l'entreprise que l'on peut décomposer en coût salarial direct et coût d'usage.

En ce qui concerne le coût salarial direct, le principe d'égalité des rémunérations relativement au salarié permanent occupant un poste semblable s'applique aussi bien pour les CDD que pour les intérimaires⁹². Ils donnent aussi, tous deux, droit à une indemnité de précarité.

Pour ce qui est des coûts d'usage, ils sont distincts entre les deux formes d'emploi temporaires :

- le recours aux CDD implique des coûts de gestion : frais de recrutement, de gestion de la paye, de formation auxquels l'on peut ajouter le coût du différentiel de productivité entre effectif permanent et CDD. Ces coûts sont fortement variables d'une entreprise à l'autre, selon qu'elle dispose ou non d'un service de recrutement, selon la qualification de la main-d'œuvre recherchée, de son volume et du caractère régulier et prolongé du recours.
- le recours à l'intérim, quant à lui, en plus du coût du différentiel de productivité par rapport à l'effectif permanent⁹³, implique le paiement à l'agence d'intérim d'une commission en sus de ses charges propres. Selon des estimations de l'UNETT, le coût total de l'intérimaire pour un salaire de base net de l'intérimaire égal à 100 serait de 220 (hors commission d'agence), ce qui correspondrait à un surcoût de 50%, charges sociales déduites⁹⁴.

⁹² cependant le coût salarial de l'effectif temporaire peut être inférieur à celui de l'effectif permanent dans la mesure où la firme pourra économiser les mesures liées à l'ancienneté et aux politiques d'attachement et de motivation du personnel. La sous-rémunération est estimée à 20% en moyenne (Michon et Ramaux, 1992)

⁹³ on peut noter que ce différentiel de productivité entre emploi temporaire et effectif permanent sera souvent plus important pour l'intérim que pour les CDD ; ces derniers espérant une éventuelle embauche.

⁹⁴ Ce coût peut être inférieur pour les entreprises de "grands comptes".

Il est clair que l'entreprise, pour faire son choix entre ces différents types d'ajustement de l'emploi (heures supplémentaires, CDD et intérim), tiendra compte du coût relatif lié à leur utilisation et choisira la solution (ou combinaison de solutions) la moins coûteuse sur l'année.

La législation peut cependant limiter l'utilisation de l'une ou plusieurs d'entre elles par deux moyens non exclusifs :

- en imposant un surcoût à leur utilisation
- en limitant leur recours par un contingent (journalier, hebdomadaire, voire annuel).

Tant que cette limitation se fait par le paiement d'un surcoût, la firme choisira toujours la solution la moins coûteuse en tenant bien évidemment compte du surcoût imposé par la loi dans le coût de chaque solution envisagée.

Si cette limitation se fait par contre par un contingent, alors elle choisira la solution la moins coûteuse et l'utilisera dans les possibilités prévues par la loi, puis, si elle a encore besoin de main-d'œuvre supplémentaire, elle choisira ensuite la deuxième solution la moins coûteuse parmi celles qui sont toujours à sa disposition et l'utilisera également dans les possibilités prévues par la législation, etc... De sorte que l'adaptation aux fluctuations de demande par la flexibilité du travail et de l'emploi est toujours possible mais à un coût plus ou moins élevé selon que la législation est contraignante ou pas sur le recours aux différentes solutions⁹⁵. On entrevoit ici la raison pour laquelle un assouplissement de la législation peut permettre de réduire le coût d'utilisation de la main-d'œuvre supplémentaire : soit directement par le biais d'une baisse du surcoût imposé, soit indirectement en augmentant le contingent d'une solution peu coûteuse.

Sur cette base, on peut supposer que la firme est capable de trouver la combinaison optimale des différents types de main-d'œuvre supplémentaire à employer qui minimise son coût de main-d'œuvre supplémentaire et qu'elle est dès lors capable de dire ce que lui coûte en moyenne sur l'année une heure de travail réalisée par de la main-d'œuvre supplémentaire. Il est donc inutile de

⁹⁵ A l'extrême, si la législation empêche l'utilisation de ce type de main d'œuvre, on peut métaphoriquement considérer que le coût d'utilisation de ce type de main-d'œuvre est infini.

complexifier la modélisation en intégrant le coût de chacun des moyens envisageables en matière de main-d'œuvre supplémentaire. Nous intégrerons dans notre modélisation le coût moyen d'une heure de travail⁹⁶ réalisée par de la main-d'œuvre supplémentaire. Ce coût sera alors plus ou moins élevé selon la souplesse de la législation en matière de flexibilité du travail et de l'emploi.

La décomposition du coût salarial selon le type de main-d'œuvre – permanente et supplémentaire – se fait ainsi généralement par l'introduction de salaires horaires différents selon le type de main-d'œuvre (Zylberberg (1981) notamment)⁹⁷. On aurait ainsi ici w le coût unitaire horaire de la main-d'œuvre permanente et w' le coût unitaire horaire de la main-d'œuvre supplémentaire avec $w' \geq w$. Travailler en coût relatif permet une comparaison directe des coûts unitaires horaires des deux types de main-d'œuvre : on peut en effet, dans ce cas, immédiatement dire que le coût unitaire horaire de la main-d'œuvre supplémentaire est k fois plus élevé que celui de la main-d'œuvre permanente ($w' = kw$ ⁹⁸).

Le coût salarial d'une sous-période donnée t de l'année peut dès lors se décomposer en deux parties :

- un coût fixe pour l'entreprise qui est le coût de la main-d'œuvre permanente et qui est donc le même quelle que soit la période considérée : wE_h
- un coût variable : le coût de la main-d'œuvre "supplémentaire" qui est fonction du nombre d'heures supplémentaires de travail dont l'entreprise a besoin pour satisfaire toute la production soit $(H_t - E_h)$ et du coût unitaire horaire de cette main-d'œuvre kw où k est un coefficient multiplicateur intégrant son surcoût ($k \geq 1$). Ce coût n'est évidemment supporté que si le programme de production de la sous-période t nécessite, pour être exécuté, plus de main-d'œuvre que celle dont dispose en permanence l'entreprise

Ainsi, lorsque le besoin de travail permettant d'effectuer la production est supérieur aux disponibilités en heures efficaces de l'effectif permanent, le coût salarial de l'entreprise au cours d'une sous-période de l'année s'écrit :

⁹⁶ Mesurée également en heures efficaces

⁹⁷ et parfois également par l'introduction des coûts d'embauche, de formation... mais le plus souvent ces coûts sont intégrés dans le coût unitaire horaire de la main-d'œuvre en question.

⁹⁸ Comme $w' \geq w$ alors on aura $k \geq 1$. k est le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire

$$CMO_t = wEh + kw(H_t - Eh)$$

La valeur de k dépend de la nature de la main-d'œuvre supplémentaire utilisée ; Celle-ci n'est d'ailleurs pas sans rapport avec le degré de prévisibilité du besoin⁹⁹. Que les variations de demande soient prévisibles ou imprévisibles, k sera obtenu par un choix optimal de la firme entre les différents types de flexibilité du travail et de l'emploi envisageables. La firme ayant cependant souvent un choix plus restreint et les moyens à sa disposition étant généralement plus coûteux lorsque les variations de demande sont imprévisibles, les valeurs de k seront donc généralement plus élevées lorsque la firme utilise de la main-d'œuvre supplémentaire pour faire face à des variations d'environnement aléatoires¹⁰⁰.

Ainsi, tant que l'effectif permanent suffit pour satisfaire tout le besoin, le coût salarial sera égal à :

$$CMO_t = wEh$$

Par contre, dès que le besoin devient supérieur aux nombres d'heures effectuées par l'effectif permanent, l'entreprise doit faire un choix entre l'utilisation d'heures supplémentaires, de CDD ou de travail intérimaire¹⁰¹. Ce choix sera non seulement fonction des différents coûts de recours à ces formes d'emploi mais également du caractère prévisible des fluctuations d'activité.

Le coût de la main-d'œuvre au cours d'une sous-période t donnée sera donc égal à :

$$\begin{array}{ll} \text{Si } H_t \leq Eh & CMO_t = wEh \\ \text{Si } H_t \geq Eh & CMO_t = wEh + kw(H_t - Eh) \end{array}$$

⁹⁹ Les heures supplémentaires et l'intérim peuvent indifféremment s'utiliser dans le cas d'un besoin de travail supplémentaire prévu ou imprévu à la différence d'un CDD qui sera plus facilement utilisé pour un besoin prévu. En effet, le contrat liant le travailleur intérimaire et l'entreprise peut être unilatéralement résilié à tout moment, à l'inverse du CDD qui prévoit une date de fin. De même, un intérimaire ne convenant pas à l'entreprise pourra être immédiatement remplacé, ce qui n'est pas le cas d'un travailleur en CDD, toujours lié par son contrat à l'entreprise. Ainsi, le recours aux heures supplémentaires et à des travailleurs intérimaires sera favorisé en cas de fluctuations d'activité imprévues et le recours aux CDD, impliquant des coûts de gestion et de recrutement fixes, sera privilégié pour des besoins prévus et répétitifs (Ramaux, 1994).

¹⁰⁰ Les heures complémentaires restent l'exception. Cette forme d'ajustement de l'emploi aux variations de demande a le double avantage de pouvoir être utilisée aussi bien pour des besoins de travail prévisibles qu'imprévisibles et sans aucun surcoût pour la firme.

¹⁰¹ Elle peut bien entendu aussi combiner ces trois formes d'emploi.

Si l'on considère que l'année comporte n sous-périodes, une entreprise ne faisant appel à un personnel supplémentaire que si le besoin de travail H_t permettant de satisfaire la production de la période t est supérieur aux disponibilités en heures normales E_h , le coût salarial annuel total peut alors s'écrire :

$$CMO = nwhE + kw \sum_{\forall t | H_t > E_h} (H_t - E_h) = w \left[nE_h + k \sum_{\forall t | H_t > E_h} (H_t - E_h) \right]$$

Coût de stockage

Le stockage, autre modalité d'adaptation envisageable lorsque la demande est fluctuante, peut être mis en œuvre pour des variations de demande prévues ou imprévues afin de lisser la production. Il peut en effet être plus intéressant pour une firme de produire un niveau constant si elle connaît des coûts d'ajustement de la production (tels que ceux de main d'œuvre). Ce lissage de la production a deux effets. Il permet, d'une part, d'économiser sur les frais de main-d'œuvre en ne travaillant qu'avec de la main-d'œuvre permanente. L'emploi est alors stabilisé, utilisé constamment à plein régime et sans surcoût. D'autre part, le lissage de la production permet d'économiser sur les coûts fixes par rapport à une absence de lissage. L'équipement doit alors pouvoir réaliser la production de la quantité annuelle moyenne commercialisée et non plus la production de la quantité maximale commercialisée au cours de l'année.

Il a cependant, comme toute modalité d'adaptation, un coût pour l'entreprise. Il "entraîne des frais de dépréciation, d'assurance, de manutention, de détérioration, et de charges financières" (Holt, Modigliani, 1964). Dans le cas d'une marchandise non périssable, on peut ainsi penser que le coût de stockage dépend principalement du coût de l'immobilisation du capital circulant et donc du taux d'intérêt : "On peut considérer le coût de l'argent investi sous forme de stock comme l'intérêt qu'aurait produit la même somme investie ailleurs" (Holt, Modigliani, 1964).

On supposera que le coût de stockage unitaire par unité de temps est constant sur l'année¹⁰². Le coût de stockage au cours d'une sous-période t donnée (CS_t) est donc proportionnel à la quantité en stock en fin de sous-période t (QS_t).

$$\forall t \quad CS_t = sQS_t \quad \text{où } s \text{ est le coût de stockage par unité de temps}$$

Le coût de stockage annuel s'obtient alors en sommant les coûts relatifs à chaque sous-période¹⁰³, soit :

$$CS = s \sum_{t=1}^n QS_t \quad \text{avec } \forall t \quad QS_t \geq 0$$

Contrairement aux coûts de main-d'œuvre, dont on a vu que le surcoût dépend des circonstances (variations prévues ou imprévues de la production), nous n'avons aucune raison de penser que le coût de stockage varie selon les circonstances. Une unité, qu'elle ait été stockée pour faire face à un surplus de demande prévu ou imprévu, engendre toujours les mêmes frais. Néanmoins, lorsque la demande est affectée de variations imprévisibles, comme "l'entreprise doit [...] décider de sa production avant de savoir quel est l'état de la demande qui lui sera adressée" (Eyssartier, Waysand, 1997), elle peut avoir intérêt à stocker une quantité plus importante que lorsque les variations de demande sont parfaitement prévisibles.

Prenons un exemple : supposons que la demande adressée à l'entreprise au cours de trois sous-périodes est parfaitement prévisible et que la quantité que souhaite vendre la firme face à cette demande est la suivante : 10 unités au cours de la première période, 5 unités au cours de la deuxième période et 15 unités au cours de la troisième période. Supposons, de plus, que la firme souhaite lisser sa production en utilisant le stockage et donc produire à chaque sous-période une quantité $Q=10$.

¹⁰² Si le bien produit n'est pas stockable, on supposera que le coût unitaire de stockage est infini.

¹⁰³ Nous négligerons dans notre analyse la perte physique de produits stockés d'une part parce qu'elle ne concerne que peu de produits (principalement les produits alimentaires) et d'autre part parce qu'on peut métaphoriquement considérer que cette perte de produit peut se comptabiliser dans le coût unitaire de stockage. Ainsi, si la firme perd 5% de produits stockés au cours de l'année, il suffit de calculer la perte de profit engendrée par cette quantité non vendue et de l'intégrer dans le coût unitaire de stockage.

Face à une demande parfaitement prévisible, la firme peut immédiatement trouver le programme de production à mettre en œuvre pour que cette dernière soit lissée. Elle sait qu'elle ne stockera rien au cours de la première sous-période, qu'elle stockera 5 unités de produit au cours de la deuxième sous-période, et qu'elle déstockera les 5 unités mises en stock au cours de la troisième.

Supposons maintenant que la demande totale adressée sur l'année à l'entreprise soit toujours la même, qu'elle se décompose toujours en trois sous-périodes et que face à chacune de ces demandes de sous-périodes, la firme a toujours intérêt à vendre les mêmes quantités que précédemment mais que la sous-période au cours de laquelle les consommateurs vont adresser chacune de ces demandes est imprévisible. La firme sait qu'elle devra vendre au cours de l'année 5, 10 et 15 unités de bien mais ne sait pas quand elle devra vendre chacune de ces quantités. 6 programmes de ventes sont alors envisageables selon l'ordre des différentes demandes qui se réalisera :

programme	1	2	3	4	5	6
V1	5	5	10	10	15	15
V2	10	15	5	15	5	10
V3	15	10	15	5	10	5

Légende : V1 est la quantité vendue au cours de la première période, V2 est la quantité vendue au cours de la deuxième période et V3 est la quantité vendue au cours de la troisième période

On peut alors remarquer que si ce sont les programmes 1, 2 ou 3 qui se réalisent, la firme pourra les satisfaire grâce au stockage qu'elle aura réalisé au cours de l'année. Par contre, si ce sont les programmes 4, 5 ou 6, elle n'aura pas le temps de stocker suffisamment de produit et ne pourra donc pas satisfaire son programme de vente.

Si la firme veut se prémunir de ce risque, elle devra donc se constituer un stock de secours, appelé stock-tampon. "L'existence de stocks-tampons lui permet de pouvoir répondre à la demande qui lui est adressée quand celle-ci dépasse la production courante" (Eyssartier, Waysand, 1997) lorsqu'elle n'a pas pu se constituer un stock suffisant au cours des périodes antérieures pour satisfaire toute la quantité qu'elle souhaite vendre. Elle stockera donc plus si les variations de demande sont imprévisibles.

Coût du report de demande

Stockage et report de demande sont deux stratégies assez similaires : d'un côté, l'entreprise stocke du produit au cours des périodes basses pour les déstocker au cours des périodes hautes, de l'autre, elle reporte une partie de sa demande des périodes hautes vers les périodes basses. Le report peut ainsi s'interpréter comme la stratégie "inverse" du stockage.

Comme le stockage, le report de demande peut être utilisé par la firme pour des variations de demande prévisibles ou imprévisibles. Son coût se résume principalement au "geste commercial" que doit faire la firme afin de ne pas perdre la demande qui lui est adressée. Qui ne s'est jamais fait offrir l'apéritif ou le café au restaurant pour avoir attendu qu'une table se libère ? On peut dès lors supposer qu'il existe un prix de vente inférieur à celui affiché pour lequel le client est prêt à attendre. Ce prix sera donc d'autant plus faible que le degré d'impatience est grand¹⁰⁴. Le degré d'impatience peut certes varier d'un consommateur à l'autre mais il dépend principalement du bien demandé. Sur cette base, on peut considérer que le coût du report de demande est le rabais de prix que l'entreprise doit consentir sur la demande qu'elle reporte pour ne pas la perdre. La firme satisfait donc toute la demande qui lui est adressée mais à un prix différencié selon le temps d'attente.

On supposera que le rabais de prix que doit consentir la firme – et donc le coût du report – est proportionnel au temps pendant lequel elle fait attendre le client avant de le servir. Ce coût unitaire r doit être multiplié par le volume de la demande reportée à la période suivante. Le coût du report au cours d'une sous-période t donnée (CR_t) est donc égal à :

$$\forall t \quad CR_t = rQR_t \quad \text{avec } r, \text{ le coût de report par unité de temps}$$

où QR_t est la quantité reportée en fin de période t et qui sera servie à la période suivante.

¹⁰⁴ Si la demande n'est pas reportable (i.e. si le client n'est pas prêt à attendre) alors on supposera que ce prix est infini.

Ainsi, le coût du report de demande sur l'année est égal à :

$$CR = r \sum_{t=1}^n QR_t \quad \text{avec } \forall t \quad QR_t \geq 0$$

2.2. interdépendance des décisions et programme d'optimisation

Nous allons montrer dans ce dernier point que les décisions prises par la firme sont interdépendantes, qu'il existe un lien entre quantité demandée, quantité vendue, quantité produite et les différentes modalités d'adaptation que la firme mettra en œuvre. Nous présenterons alors le programme d'optimisation que l'entreprise cherche à résoudre et le raisonnement à mener pour le résoudre.

2.2.1. Interdépendance des décisions

De la quantité demandée va dépendre la quantité à vendre

Selon la demande adressée à l'entreprise, la firme va déterminer son prix de vente. Si la firme a la possibilité de faire varier son prix de vente, elle ne rationnera jamais sa demande. De sorte que sans rationnement de demande, et si l'on considère que la demande reportée au cours d'une sous-période t donnée est "faite et parfaite" au cours de cette même période – même si elle n'est livrée qu'ultérieurement – quantité demandée et quantité vendue au cours d'une sous-période t de l'année sont identiques.

$$\forall t \quad D_t(p_t) = V_t$$

avec V_t la quantité vendue au cours de la sous-période t .

En revanche, si la firme n'a pas la possibilité de faire varier son prix de vente et qu'elle décide de rationner une partie de sa demande, la quantité vendue au cours de certaines sous-périodes de l'année sera inférieure à la quantité demandée.

$$\exists t \quad D_t(p_t) < V_t$$

La possibilité de faire varier le prix de vente va donc influencer la quantité que la firme vendra au cours de chaque sous-période de l'année.

De la quantité à vendre va dépendre la quantité produite

En fonction de la quantité qu'elle aura décidée de vendre au cours de chaque sous-période, elle pourra alors définir la quantité à produire.

La relation liant, à chaque sous-période t , quantité vendue (V_t), quantité produite (Q_t), variations de stock (S_t) et de quantité reportée (R_t) peut être résumée par l'égalité comptable suivante:

$$\forall t \quad Q_t = V_t + S_t - R_t$$

En effet, au cours de chaque sous-période, l'entreprise a le choix :

- elle peut produire exactement la quantité qu'elle vendra ($Q_t = V_t$), elle ne fait dans ce cas ni varier la quantité stockée ($S_t = 0$) ni la quantité reportée ($R_t = 0$),
- elle peut produire plus que la quantité vendue ($Q_t > V_t$) et stocker le différentiel entre quantité produite et vendue ($S_t > 0$) pour un besoin futur ou satisfaire une demande reportée ($R_t < 0$) antérieurement,
- elle peut produire moins que la quantité vendue ($Q_t < V_t$) et déstocker une partie de la quantité stockée au cours des périodes antérieures ($S_t < 0$) ou reporter une partie de sa demande ($R_t > 0$).

La firme n'a aucun intérêt au cours d'une période à stocker si elle peut satisfaire une demande reportée ou à reporter de la demande si elle peut la satisfaire par le biais du déstockage puisqu'elle devra sinon subir le coût du report et du stockage. Stockage et report apparaissent donc concrètement alternatifs dès l'instant où la firme a connaissance de sa demande. Lorsqu'elle doit s'adapter à des variations de demande prévisibles, cette donnée est connue de la firme ex ante. Il s'en suit que pour une période donnée, les stratégies ex ante de stockage ou de report sont exclusives. Il en va tout autrement lorsque la firme doit s'adapter à des variations imprévisibles de demande. Dans ce cas, la firme peut prévoir ex ante de s'adapter selon le cas par le stockage ou par le report : la stratégie ex ante peut donc être mixte.

De la quantité produite va dépendre le niveau des effectifs et la capacité de production

En fonction de la quantité qu'elle souhaite produire à chaque sous-période, elle déterminera alors le niveau de ses effectifs permanent et temporaire. De la

relation, $\forall t \quad Q_t = V_t + S_t - R_t$, on voit immédiatement que moins elle utilisera le stockage ou le report de demande, plus les variations de la quantité à produire suivront les variations de la quantité à vendre. Elle utilisera alors, dans ce cas, de manière plus importante la flexibilité du travail et de l'emploi pour s'adapter et devra fixer sa capacité de production à un niveau plus élevé.

Toutes les modalités d'adaptation sont donc interdépendantes. Le choix d'utiliser l'une d'entre elles va nécessairement influencer le recours que la firme aura dans les autres. Choisir la stratégie optimale ne peut donc pas se faire par une comparaison des profits obtenus lorsque la firme utilise une seule modalité d'adaptation. Elles doivent toutes être intégrées simultanément dans le programme d'optimisation.

2.2.2. Programme d'optimisation

Le coût total de production

Le coût total de production pour les n sous-périodes de l'année est donc égal à :

$$CT = nCF + \sum_{t=1}^n (CV_t + CMO_t + CS_t + CR_t)$$

que l'on peut réécrire comme suit :

$$CT = ncQ^* + a \sum_{t=1}^n Q_t + kw \sum_{\substack{t \\ \forall tq H_t > Eh}} (H_t - Eh) + nwhE + s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t$$

En univers certain, stockage et report pouvant être considérés comme deux modalités d'adaptation exclusives. Selon la solution la moins coûteuse pour la firme, le coût total de production sera dans ce cas :

$$CT = ncQ^* + a \sum_{t=1}^n Q_t + kw \sum_{\substack{t \\ \forall tq H_t > Eh}} (H_t - Eh) + nwhE + s \sum_{t=1}^n QS_t$$

$$CT = ncQ^* + a \sum_{t=1}^n Q_t + kw \sum_{\substack{t \\ \forall tq H_t > Eh}} (H_t - Eh) + nwhE + r \sum_{t=1}^n QR_t$$

La fonction objectif

Le profit de la firme, fonction objectif de notre problème d'optimisation, peut alors s'écrire comme suit :

$$\Pi = \sum_{t=1}^n V_t P_t - \left[ncQ^* + a \sum_{t=1}^n Q_t + kw \sum_{t: H_t > E_h} (H_t - E_h) + nwhE + s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t \right]$$

En univers certain, selon la solution la moins coûteuse entre stockage et report pour la firme, la fonction objectif sera :

$$\Pi = \sum_{t=1}^n V_t P_t - \left[ncQ^* + a \sum_{t=1}^n Q_t + kw \sum_{t: H_t > E_h} (H_t - E_h) + nwhE + s \sum_{t=1}^n QS_t \right]$$

ou

$$\Pi = \sum_{t=1}^n V_t P_t - \left[ncQ^* + a \sum_{t=1}^n Q_t + kw \sum_{t: H_t > E_h} (H_t - E_h) + nwhE + r \sum_{t=1}^n QR_t \right]$$

L'objectif de la firme est de maximiser son profit sur l'année sous la contrainte de la demande qui lui est adressée. Pour ce faire, elle a plusieurs stratégies à sa disposition qu'elle peut combiner.

Face à des variations de demande parfaitement prévisibles, la firme peut faire varier ses quantités produites, son prix de vente, utiliser le stockage, employer de la main-d'œuvre temporaire ou encore reporter une partie de sa demande. Le coût d'utilisation de chacune de ces modalités d'adaptation pourra bien évidemment être variable d'une entreprise à l'autre selon le bien qu'elle produit.

Face à des variations de demande imprévisibles, la firme – toujours en fonction du bien qu'elle produit – pourra faire varier ses quantités produites, utiliser le stockage et le report de demande. Elle ne pourra plus faire varier son prix de vente mais pourra par contre éventuellement avoir intérêt à rationner une partie de la demande qui lui est adressée.

L'entreprise cherche donc à maximiser son profit en utilisant optimalement toutes les stratégies à sa disposition. Raisonnant à long terme, elle cherchera simultanément sa capacité de production (Q^*) ainsi que l'effectif permanent à embaucher (E) pour maximiser son profit.

Les variables d'action

Les variables sur lesquelles l'entreprise peut agir se décomposent donc en deux types :

- les variables que l'entreprise fixera de manière optimale une fois pour toute pour les n sous-périodes de l'année.

E : l'effectif permanent

Q^* : la capacité de production

- les variables sur lesquelles l'entreprise pourra agir à chaque sous-période t selon la nature de la demande

P_t : le prix de vente au cours d'une période t

Q_t : la quantité produite au cours d'une période t

V_t : la quantité vendue au cours d'une période t

H_t : le nombre d'heures de travail nécessaire à la production de Q_t

S_t : la variation de stock au cours d'une période t

QS_t : la quantité en stock en fin de période t

R_t : la variation du report au cours d'une période t

QR_t : la quantité reportée au cours d'une période t

Les paramètres

L'entreprise devra tenir compte de certains paramètres sur lesquels elle ne pourra pas agir.

h : le nombre d'heures de travail efficace d'un salarié permanent

w : le coût unitaire horaire de la main-d'œuvre permanente

kw : le coût unitaire horaire de la main-d'œuvre supplémentaire ; k étant un coefficient multiplicateur intégrant le surcoût lié à l'utilisation de ce type de main-d'œuvre ($k \geq 1$)

- e : la quantité de travail efficace nécessaire pour produire une unité de bien
- a : le coût variable par unité de produit
- c : le coût fixe d'équipement par unité de produit
- s : le coût de stockage par unité de temps
- r : le coût du report par unité de temps

Etapas du raisonnement

La complexité de la résolution de ce programme de maximisation sous contraintes réside dans le fait que toutes les décisions sont interdépendantes. D'une part, la combinaison optimale des différentes stratégies possibles pour la firme dépend de leur coût relatif de mises en oeuvre mais également des coûts fixes de production et des coûts de matières premières propres à la firme en question. D'autre part, de l'importance du recours à l'une des stratégies va dépendre l'importance du recours aux autres.

En étudiant l'interdépendance des décisions, nous avons cependant mis en évidence un enchaînement logique des décisions de la firme : des quantités demandées à chaque sous-période de l'année vont dépendre les quantités à vendre, des quantités à vendre vont dépendre les quantités à produire et des quantités à produire va dépendre le niveau des effectifs.

La décision d'une firme quant à la stratégie qu'elle mettra en oeuvre peut donc se décomposer en trois phases successives : elle détermine dans un premier temps son programme de commercialisation en fonction de la demande qui lui est adressée. Une fois le programme de commercialisation choisi, elle fixe le programme de production permettant de satisfaire son programme de commercialisation. Et enfin, dans un troisième temps, elle fixe le niveau d'effectif (permanent et temporaire) permettant de satisfaire son programme de production.

En réalité, pour résoudre ce programme, on doit raisonner à rebours pour la simple raison que le choix du programme de vente dépend du coût du programme de production et le choix du programme de production dépend du coût et du niveau des mains-d'oeuvre permanente et supplémentaire.

Etape 1 : Nous allons donc dans un premier temps chercher l'effectif permanent E à employer à programme de production $\{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ fixé.

Etape 2 : Puis dans un deuxième temps nous chercherons le programme de production $\{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ optimal à programme de vente $\{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ fixé.

Etape 3 : Et enfin, nous chercherons dans un troisième temps son programme de vente $\{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ optimal.

Cette analyse, basée sur la recherche de la stratégie optimale d'une firme soumise à des variations de demande, permettra de mettre en évidence les déterminants de son choix. Comment choisit-elle le niveau d'effectif permanent qu'elle va employer ? Comment détermine-t-elle son programme de production ? Pour quelles raisons décide-t-elle de lisser ses ventes ou au contraire de leur faire suivre exactement la demande qui lui est adressée ?

Le caractère prévisible ou imprévisible des variations de demande influençant les modalités d'adaptation et le coût de leur mise en œuvre, nous analyserons indépendamment les déterminants du choix de la firme en environnement certain (chapitre 5) et en environnement incertain (chapitre 6)

Une fois ces déterminants clairement établis, nous serons alors en mesure de voir l'importance à accorder à chacune des interprétations avancées dans la littérature, d'étudier les réelles motivations des firmes à un changement de stratégie et de donner ainsi une interprétation aux changements de stratégie que nous avons mis en évidence dans la première partie de cette thèse, et notamment, du développement de la flexibilité du travail.

CHAPITRE 5

CHOIX STRATEGIQUE DES FIRMES EN ENVIRONNEMENT CERTAIN

Dans ce chapitre 5, nous allons analyser les déterminants du choix stratégique des firmes en environnement certain. On se place ainsi dans le cas où la firme ne connaît sur l'année que des fluctuations de demande saisonnières parfaitement prévisibles puisque absolument répétitives.

L'objectif de ce chapitre est de comprendre comment une firme s'adapte aux fluctuations de demande prévisibles qu'elle subit. Qu'est-ce qui détermine son choix de modalités d'absorption de ces fluctuations ?

Le but est d'apporter une réponse analytique aux changements de comportement que nous avons observés en matière d'adaptation aux fluctuations de demande et notamment le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi. Il s'agira de vérifier en particulier l'intuition selon laquelle le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi pourrait s'expliquer en partie par des variations de demande plus importantes.

L'analyse empirique des fluctuations de demande réalisée dans le chapitre 2, nous a permis de mettre en évidence que, si la firme connaissait un mouvement saisonnier, ce dernier pouvait se résumer, au pire, à trois états de demande différents sur l'année. Nous réaliserons donc cette simplification et supposerons que l'entreprise connaît au cours de l'année une période haute, une période basse et une période intermédiaire.

Face à ces fluctuations de demande prévisibles, la firme doit prendre de manière cohérente des décisions à trois niveaux :

- la commercialisation (quantités vendues, prix de vente)
- la production (capacité de production, programme de production pour chaque sous-période)
- les effectifs (emploi permanent et emploi temporaire)

Son premier niveau d'action concerne les quantités à commercialiser. En fonction de la demande qui lui sera adressée, la firme déterminera les quantités qu'elle souhaite vendre à chaque sous-période de l'année et le prix de vente auquel elle les vendra. Deux cas doivent alors être distingués. Soit la firme peut à chaque sous-période modifier les prix pour s'adapter aux variations de demande et ainsi atténuer l'impact des variations sur les quantités commercialisées. Soit la firme est "obligée" de pratiquer le même prix sur toute l'année (hypothèse de rigidité des prix). Dans ce deuxième cas, on pourrait alors envisager que la firme commercialise pendant les périodes de haute demande des quantités inférieures à la demande (hypothèse de rationnement de la demande qui est inconcevable en régime de flexibilité des prix). Toutefois, ce rationnement, comme l'a montré Lammens (1994), ne peut être qu'un phénomène transitoire. Dès lors que la firme a la possibilité d'ajuster sa capacité de production (cadre de moyen terme où nous nous situons), le rationnement disparaît¹⁰⁵.

Face au programme de commercialisation qu'elle se sera fixée, elle devra déterminer les quantités à produire – deuxième niveau d'action de la firme. Elle peut décider de produire à chaque sous-période exactement les quantités qu'elle souhaite vendre. Mais, elle peut également décider de lisser au moins en partie sa production en stockant pendant la période de faible demande ou en reportant à une période moins tendue une partie de la demande de période haute.

Enfin, pour satisfaire le programme de production qu'elle se sera fixée, elle devra déterminer le niveau d'effectif permanent employé et, si nécessaire, la main-d'œuvre supplémentaire à employer.

Sur la base du raisonnement en trois étapes que nous avons présenté dans le chapitre 4, nous chercherons, dans une première section, la politique d'emploi optimale de la firme quand elle connaît son programme de production. Nous verrons alors ce qui détermine le choix du niveau de ses effectifs et notamment si l'ampleur des fluctuations de production est ou non un élément essentiel de son choix.

¹⁰⁵ Il en va tout autrement quand la firme n'a pas la possibilité d'ajuster sa capacité compte tenu de l'état réel de la demande. Nous retrouverons ce cas dans l'étude des fluctuations aléatoires de demande et nous verrons que cette fois le rationnement devient rationnel.

Nous déterminerons, dans une deuxième section, la politique de production optimale de la firme lorsqu'elle connaît son programme de commercialisation. Nous analyserons alors les raisons qui peuvent pousser une entreprise à lisser sa production – en utilisant le stockage ou le report de demande – ou au contraire à lui faire suivre exactement son programme de commercialisation – en utilisant la flexibilité du travail et de l'emploi et/ou du sureffectif permanent. Nous verrons alors dans quelle mesure l'ampleur des fluctuations de ventes est un élément déterminant dans ce choix.

Enfin, nous étudierons, dans une troisième section, la politique de commercialisation de la firme face à la demande qui lui est adressée¹⁰⁶. Nous nous demanderons notamment si lorsque son choix productif se porte sur une absence de lissage de la production, elle n'a pas intérêt à lisser ses ventes via la flexibilité des prix, lisser ainsi indirectement sa production et éviter d'utiliser une main-d'œuvre "supplémentaire".

Nous analyserons également tout au long de ce chapitre l'influence d'un changement de coût de chacune des modalités d'adaptation envisageables sur le comportement de la firme. Nous verrons en quoi une variation du surcoût de l'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire peut influencer la fixation du niveau des effectifs, en quoi une variation du coût du stockage ou du report de demande peut jouer sur le choix du programme de production et, enfin, en quoi une plus grande rigidité des prix peut influencer son programme de commercialisation.

1. CHOIX DU NIVEAU DES EFFECTIFS

Lorsque le programme de production de la firme est déterminé, la firme n'a plus qu'à fixer le niveau de ses effectifs permanent et temporaire permettant de le satisfaire. Chercher le niveau des effectifs qui maximise son profit, revient à chercher le niveau de ses effectifs qui minimise son coût de main-d'œuvre

¹⁰⁶ Cette dernière étant parfaitement prévisible, elle la connaît.

Le coût salarial annuel total peut s'écrire¹⁰⁷ :

$$CMO = nwhE + kw \sum_{\forall t: q_{H_t} > Eh} (H_t - Eh) = w \left[nEh + k \sum_{\forall t: q_{H_t} > Eh} (H_t - Eh) \right]$$

Si la firme produit une quantité constante sur l'année, alors, le besoin de travail de chaque sous-période étant évalué en unités efficaces, sera également constant et la firme fixera son niveau d'effectif permanent E tel qu'il satisfasse le besoin de travail de chaque sous-période. Elle n'emploiera donc pas de main-d'œuvre supplémentaire. Le coût de main-d'œuvre sera alors égal à :

$$CMO = 3whE = 3weQ$$

où Q est la quantité produite à chaque sous-période et e la quantité de travail nécessaire pour produire une unité.

Si la quantité à produire varie au cours de l'année, alors le coût de main-d'œuvre va dépendre du niveau d'effectif permanent fixé par la firme.

Elle peut le fixer de telle sorte qu'il satisfasse la production de la période basse, celle de la période intermédiaire ou celle de la période haute. L'ordre chronologique des trois états de la demande n'a pas d'importance dans la détermination du niveau des effectifs. Si elle doit employer de la main-d'œuvre supplémentaire au cours d'une sous-période, que ce soit au cours des quatre premiers mois de l'année, au cours des quatre suivants ou au cours des quatre derniers, cela ne change pas le coût de main-d'œuvre dont elle devra s'acquitter. Nous n'avons donc pas besoin de spécifier la période calendaire au cours de laquelle se produira la période basse, la période intermédiaire et la période haute.

Soient :

Q_{inf} la quantité produite en période basse

$Q_{\text{méd}}$ la quantité produite en période intermédiaire

Q_{sup} la quantité produite en période haute

¹⁰⁷ Cf. chapitre 4 (P156).

Si le niveau de l'effectif permanent permet de satisfaire Q_{inf} (i.e. si $Eh=H_{inf}=eQ_{inf}$) alors le coût de main-d'œuvre est égal à :

$$CMO = w[3H_{inf} + k(H_{méd} + H_{sup} - 2H_{inf})] = we[3Q_{inf} + k(Q_{méd} + Q_{sup} - 2Q_{inf})] \quad [1]$$

Si le niveau d'effectif permanent permet de satisfaire $Q_{méd}$ (i.e. si $Eh=H_{méd}=eQ_{méd}$), alors il sera égal à :

$$CMO = w[3H_{méd} + k(H_{sup} - H_{méd})] = we[3Q_{méd} + k(Q_{sup} - Q_{méd})] \quad [2]$$

et si le niveau d'effectif permanent permet de satisfaire Q_{sup} (i.e. si $Eh=H_{sup}=eQ_{sup}$), alors le coût de main-d'œuvre total sera égal à :

$$CMO = 3wH_{sup} = 3weQ_{sup} \quad [3]$$

La firme fixera son niveau d'effectif permanent de telle sorte que son coût total de main-d'œuvre soit le plus faible possible. Il suffit donc de comparer le coût salarial total selon le niveau de l'effectif permanent fixé par la firme.

La condition pour que l'entreprise préfère fixer son niveau d'effectif permanent au niveau eQ_{sup} s'écrit ainsi :

$$\begin{aligned} [3] &\leq [2] \\ \Leftrightarrow 3weQ_{sup} &\leq we[3Q_{méd} + k(Q_{sup} - Q_{méd})] \\ \Leftrightarrow 3Q_{sup} &\leq 3Q_{méd} + k(Q_{sup} - Q_{méd}) \\ \Leftrightarrow 3(Q_{sup} - Q_{méd}) &\leq k(Q_{sup} - Q_{méd}) \\ \Leftrightarrow k &\geq 3 \end{aligned}$$

De même, pour qu'elle préfère le niveau intermédiaire ($eQ_{méd}$) au niveau inférieur (eQ_{inf}), il faut :

$$\begin{aligned} [2] &\leq [1] \\ \Leftrightarrow we[3Q_{méd} + k(Q_{sup} - Q_{méd})] &\leq we[3Q_{inf} + k(Q_{méd} + Q_{sup} - 2Q_{inf})] \\ \Leftrightarrow 3(Q_{méd} - Q_{inf}) &\leq k(Q_{méd} + Q_{sup} - 2Q_{inf}) - k(Q_{sup} - Q_{méd}) \\ \Leftrightarrow 3(Q_{méd} - Q_{inf}) &\leq 2k(Q_{méd} - Q_{inf}) \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow k \geq \frac{3}{2}$$

On peut dès lors en déduire le choix de la firme concernant le niveau de son effectif permanent E . Elle le fixera tel qu'il satisfasse :

$$Q_{\text{inf}} \text{ si } k \leq \frac{3}{2}$$

$$Q_{\text{méd}} \text{ si } k \in \left[\frac{3}{2}; 3 \right]$$

$$Q_{\text{sup}} \text{ si } k \geq 3$$

Le résultat auquel nous aboutissons est peu étonnant : plus le surcoût engendré par l'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est important et plus l'entreprise fixera un niveau élevé d'effectif permanent. Ainsi, dès qu'une heure de travail efficace réalisée par une main-d'œuvre supplémentaire lui coûte 3 fois plus qu'une heure de travail efficace réalisée par la main-d'œuvre permanente, elle aura intérêt à ce que son effectif permanent satisfasse toute la production et le fixera donc au niveau de production le plus haut. Par contre, si l'entreprise ne subit pas de surcoût lorsqu'elle utilise une main-d'œuvre supplémentaire, elle optera plus facilement pour ce type d'ajustement.

Lorsque le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est inférieur à 1.5, l'effectif permanent étant fixé tel qu'il satisfasse la production de la période basse, les effectifs employés (permanent et temporaire) permettront de produire exactement la quantité souhaitée à chaque sous-période : la variation de l'emploi sera alors identique à la variation de la production. L'emploi s'ajustant parfaitement à la production, on peut parler de flexibilité totale du travail et de l'emploi.

En revanche, dès que le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est supérieur à 1.5, la firme préférera travailler en sureffectif au moins certaines sous-périodes de l'année : la variation de l'emploi sera alors inférieure à la variation de production.

Si le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est compris entre 1.5 et 3, la firme travaillera en sureffectif au cours de la période basse mais emploiera de la main-d'œuvre supplémentaire au cours de la période haute. On peut qualifier cette situation de flexibilité partielle du travail et de l'emploi.

Par contre, si le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est supérieur à 3, alors la firme travaille en sureffectif au cours des périodes basse et intermédiaire. Elle n'utilise plus de main-d'œuvre supplémentaire, la variation de l'emploi est nulle. La firme est face à une situation d'absence totale de flexibilité du travail et de l'emploi.

Il faut de plus insister sur le fait que ce choix ne dépend nullement de l'écart existant entre Q_{inf} , $Q_{méd}$ et Q_{sup} . Il en résulte que le choix de la firme dans la fixation de ses effectifs permanents ne se fera qu'en fonction du surcoût lié à l'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire et qu'il ne dépend, comme certains semblent le penser, ni de la forme, ni de l'ampleur des fluctuations.

Ces résultats ne sont pas spécifiques à une décomposition de l'année en trois sous-périodes. Leur généralisation est proposée dans l'encadré 5.1.

Encadré 5.1.

Généralisation du choix du niveau de l'effectif permanent

Les résultats sont facilement généralisables à un nombre quelconque de sous-périodes.

Si l'année se décompose en n sous-périodes, pour trouver la solution du problème – connaissant chaque niveau de production de l'année – il est, de la même manière, commode de classer les périodes par besoin croissant en heures efficaces. On indicera donc par i le besoin de travail. On peut ainsi voir rapidement à partir de quelle période l'effectif permanent n'est plus suffisant pour satisfaire toute la production.

Si l'on appelle j le numéro de la dernière période où l'effectif E suffit pour satisfaire aux besoins, le problème

$$\text{Min}_E w \left[nEh + k \sum_{\forall i: H_i > Eh} (H_i - Eh) \right]$$

peut être réécrit :

$$\text{Min}_E nEh + k \sum_{i=j+1}^n (H_i - Eh)$$

Les besoins étant classés par ordre croissant si $H_n \leq Eh$ (i.e. $H_n/h \leq E$), alors $\forall i, H_i/h \leq E$, l'entreprise n'aura jamais besoin de main-d'œuvre supplémentaire. En effet, si le besoin de travail le plus important des n périodes est couvert par l'effectif permanent, a fortiori, tous les besoins seront couverts par l'effectif permanent. On a donc $j=n$ et le coût salarial total sera égal à :

$$CT = wnEh$$

A l'autre extrême, si $H_1 > Eh$ (i.e. $H_1/h > E$), alors $\forall i, H_i/h > E$: l'entreprise devra faire appel à de la main-d'œuvre supplémentaire chaque période puisque le besoin de travail le plus bas de l'entreprise n'étant pas couvert par l'effectif permanent, tous les autres ne le seront pas non plus. On a donc $j=0$ et le coût salarial total sera égal à :

$$CT = wnEh + kw \sum_{i=1}^n (H_i - Eh)$$

Entre ces 2 extrêmes, on a :

Si $H_1 \leq Eh$, mais $H_2 > Eh$ (i.e. si $H_1/h \leq E < H_2/h$), alors l'effectif permanent ne peut satisfaire que les besoins de la première période, on a $j=1$.

Si $H_2 \leq Eh$, mais $H_3 > Eh$ (i.e. si $H_2/h \leq E < H_3/h$), alors l'effectif permanent ne peut satisfaire que les besoins des deux premières périodes, on a $j=2$.

....

Si $H_{p-1} \leq Eh$ mais $H_p > Eh$ (i.e. $H_{p-1}/h \leq E < H_p/h$) $\forall p \in [2; n]$, alors l'effectif permanent peut satisfaire les besoins des $(p-1)$ premières périodes et le coût salarial total est égal à :

$$CT = wnEh + kw \sum_{i=p+1}^n (H_i - Eh)$$

Il est ainsi facile de calculer pour chaque niveau de $E \in [H_{p-1}/h; H_p/h]$ $\forall p \in [2; n]$, le coût salarial total de l'entreprise et ainsi déterminer le niveau de l'effectif permanent E qui minimise ce dernier. On voit aisément que la fonction à minimiser est continue, composée d'une suite de segments de droite. Elle a une allure décroissante puis croissante. Réécrivons le programme que cherche à résoudre l'entreprise :

$$\underset{E}{Min} \quad nEh + k \sum_{i=j+1}^n (H_i - Eh) = nEh + k \sum_{i=j+1}^n H_i - k(n-j)Eh = [(1-k)n + kj] h E + k \sum_{i=j+1}^n H_i$$

On cherche donc $E = H_j/h$ tel que la pente $[(1-k)n + kj]$ change de signe.

Ainsi, la pente sera négative pour $j < \frac{(k-1)}{k}n$ et sera positive ou nulle pour $j \geq \frac{(k-1)}{k}n$. j étant le numéro de la dernière période où l'effectif E suffit pour satisfaire aux besoins, c'est un entier. On obtient :

$$j = \text{ENT} \left[\frac{(k-1)}{k}n \right] + 1$$

L'effectif permanent permettant de minimiser le coût salarial total est donc

$$E = H_{\text{ENT} \left[\frac{(k-1)}{k}n \right] + 1} / h.$$

On remarquera que si $\frac{(k-1)}{k}n$ est déjà un entier, alors l'entreprise sera indifférente à tout niveau d'effectif permanent $E=H_j/h$ avec $j \in \left[\frac{(k-1)}{k}n; \frac{(k-1)}{k}n+1 \right]$.

Connaissant le niveau d'effectif permanent (E) optimal de l'entreprise selon la valeur du surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre temporaire k (et donc, a fortiori, le niveau d'effectif temporaire), nous pouvons alors en déduire, pour chaque valeur de k, le niveau de production Q_i que permettra de satisfaire l'effectif permanent.

Nous avons montré que $j \in \left[\frac{(k-1)}{k}n; \frac{(k-1)}{k}n+1 \right]$, j étant le numéro de la dernière période où l'effectif permanent E suffit pour satisfaire la production. On peut facilement inverser la relation et trouver, selon le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre temporaire k, à quel niveau de production l'entreprise va fixer le niveau de son effectif permanent.

Ainsi, pour $k \in \left[\frac{n}{n-j+1}; \frac{n}{n-j} \right]$, l'effectif permanent sera fixé de telle sorte qu'il satisfasse la production de la $j^{\text{ème}}$ période.

Soit, pour $k \in \left[1; \frac{n}{n-1} \right]$, l'entreprise fixera son niveau de main-d'œuvre de telle sorte qu'il satisfasse Q_1 ,

pour $k \in \left[\frac{n}{n-1}; \frac{n}{n-2} \right]$, elle le fixera tel qu'il satisfasse Q_2 ,

.....

et pour $k \geq n$, elle le fixera de telle sorte qu'il satisfasse Q_n .

Face à une demande prévisible, la firme ne changera donc pas de comportement en matière de fixation de ses effectifs si un changement dans l'ampleur des fluctuations se produit. La part du temps où elle fonctionnera uniquement avec son effectif permanent sera toujours la même : un tiers de l'année si le surcoût est inférieur à 1.5, les deux tiers de l'année si le surcoût est compris entre 1.5 et 3 et toute l'année si le surcoût est supérieur à 3¹⁰⁸.

¹⁰⁸ Grâce à la généralisation, nous pouvons affirmer qu'une entreprise fixera son niveau d'effectif permanent de telle sorte que la part du temps où elle fera uniquement appel à son effectif permanent soit égale à $\frac{k-1}{k} + \frac{1}{n}$ quelle que soit l'ampleur des fluctuations. Ainsi, pour n élevé, la part du temps où l'entreprise va fonctionner avec son effectif permanent est approximativement égale à $\frac{k-1}{k}$.

Mais, si le niveau d'effectif trouvé minimise bien le coût salarial total de l'entreprise, il est assurément plus important que celui que subirait l'entreprise si elle payait uniquement les heures nécessaires et si elle les payait au taux uniforme w . Si l'ampleur des fluctuations ne détermine pas la part du temps où l'entreprise va faire appel à de la main-d'œuvre supplémentaire, elle détermine par contre le surcoût qu'impliquent les variations de production.

Analytiquement, ce surcoût se compose de deux parties additives :

- les heures payées "à ne rien faire" en période basse (i.e. lorsque l'effectif permanent est supérieur ou égal à l'effectif qui serait nécessaire pour assurer l'activité)
- le surcoût des heures effectuées en période haute au delà des heures assurées par l'effectif permanent

Exprimé en termes relatifs (par rapport à la situation où le coût total serait égal aux heures efficaces strictement nécessaires sur l'année payées au taux uniforme w), le surcoût est donc égal à :

$$\frac{\sum_{\forall t \text{ tq } E_h > H_t} (E_h - H_t) + (k-1) \sum_{\forall t \text{ tq } E_h < H_t} (H_t - E_h)}{\sum_{t=1}^3 H_t}$$

Ainsi, si l'effectif permanent permet de produire Q_{inf} , l'entreprise ne paiera pas d'heure improductive par contre elle paiera des heures supplémentaires au cours des périodes intermédiaire et haute. Le surcoût est de :

$$\frac{(k-1) \left[(H_{méd} - H_{inf}) + (H_{sup} - H_{inf}) \right]}{H_{inf} + H_{méd} + H_{sup}} = \frac{(k-1)(Q_{méd} + Q_{sup} - 2Q_{inf})}{Q_{inf} + Q_{méd} + Q_{sup}}$$

Plus l'écart de production entre la période basse et les deux autres sera important, plus elle devra utiliser de main-d'œuvre "supplémentaire" et plus le surcoût sera important.

Si l'effectif permanent permet de produire $Q_{\text{méd}}$ alors l'entreprise paiera des heures improductives au cours de la période basse et des heures supplémentaires au cours de la période haute. Le surcoût sera de :

$$\frac{(H_{\text{méd}} - H_{\text{inf}}) + (k-1)(H_{\text{sup}} - H_{\text{méd}})}{H_{\text{inf}} + H_{\text{méd}} + H_{\text{sup}}} = \frac{(Q_{\text{méd}} - Q_{\text{inf}}) + (k-1)(Q_{\text{sup}} - Q_{\text{méd}})}{Q_{\text{inf}} + Q_{\text{méd}} + Q_{\text{sup}}}$$

Plus l'écart de production entre la période basse et la période intermédiaire sera important, plus l'entreprise paiera d'heures improductives et plus l'écart entre la production de la période intermédiaire et la période haute sera important plus elle devra embaucher de main-d'œuvre "supplémentaire". Le surcoût sera donc d'autant plus important que la production des périodes extrêmes est éloignée de celle de la période intermédiaire.

Si l'effectif permanent permet de produire Q_{sup} , l'entreprise paiera les heures improductives des périodes basse et intermédiaire :

$$\frac{(H_{\text{sup}} - H_{\text{méd}}) + (H_{\text{sup}} - H_{\text{inf}})}{H_{\text{inf}} + H_{\text{méd}} + H_{\text{sup}}} = \frac{2Q_{\text{sup}} - (Q_{\text{méd}} + Q_{\text{inf}})}{Q_{\text{inf}} + Q_{\text{méd}} + Q_{\text{sup}}}$$

Plus l'écart de production entre la période haute et les deux autres sera important, plus l'entreprise paiera d'heures improductives et plus le surcoût payé sera élevé.

Ainsi, plus l'ampleur des fluctuations sera importante, plus la dépense supplémentaire qu'implique pour la firme le fait de voir son besoin de travail fluctuer au cours du temps sera importante¹⁰⁹.

¹⁰⁹ La généralisation permet de donner une expression plus synthétique de la dépense supplémentaire engendrée par le fait de voir son besoin de travail fluctuer au cours de l'année. Pour n sous-périodes, le surcoût est égal à :

$$\frac{\sum_{i=1}^j (Eh - H_i) + (k-1) \sum_{i=j+1}^n (H_i - Eh)}{\sum_{i=1}^n H_i}$$

Cette dépense supplémentaire reste néanmoins principalement conditionnée par le coût d'utilisation de la main-d'œuvre supplémentaire. On comprend alors aisément les conséquences d'un assouplissement de la législation sur le surcoût des heures en supplément : baisse directe du coût salarial par la baisse du coût des heures supplémentaires et baisse indirecte du coût salarial par la baisse du niveau d'effectif permanent, le tout inévitablement accompagné d'un développement de la flexibilité du travail et de l'emploi au détriment de l'emploi permanent.

L'augmentation de l'ampleur des fluctuations de production n'est donc qu'un facteur d'amplification du niveau de développement de la flexibilité du travail et de l'emploi. Elle aura un impact d'autant plus important que le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre temporaire est faible. Encore faut-il que la firme décide de faire varier sa production au cours de l'année.

On peut dès lors se demander ce qui détermine le choix de production de la firme. Pourquoi déciderait-elle de lui faire suivre la variation des quantités à commercialiser ? Pourquoi ne préférerait-elle pas lisser sa production de sorte que les variations d'emploi ne soient plus nécessaires ?

Partant de la formule du coût salarial total et sachant qu'à l'optimum $j \cong \frac{k-1}{k} n$, le surcoût relatif s'exprime approximativement après quelques manipulations algébriques simples :

$$k \frac{\sum_{i=j+1}^n H_i}{\sum_{i=1}^n H_i} - 1 \quad (\text{expression toujours positive car compte tenu de sa définition, } \frac{\sum_{i=j+1}^n H_i}{\sum_{i=1}^n H_i} \text{ est supérieur ou égal à } 1/k).$$

Cette expression montre, qu'à k donné, le surcoût est strictement proportionnel à la part de l'activité réalisée "en période haute", part qui est d'autant plus importante que les fluctuations d'activités sont amples. Malgré son attrayante simplicité, la formule présente des risques de mésinterprétation. Rappelons en effet que j est une fonction croissante de k ($j \cong \frac{k-1}{k} n$). Plus k est élevé, moins grand est, toutes autres choses égales par ailleurs, la durée de ce que nous appelons "période haute", et donc moins est importante la part de l'activité réalisée sur cette période. On peut ajouter que, compte tenu de sa définition, cette part est comprise entre $1/k$ et 1.

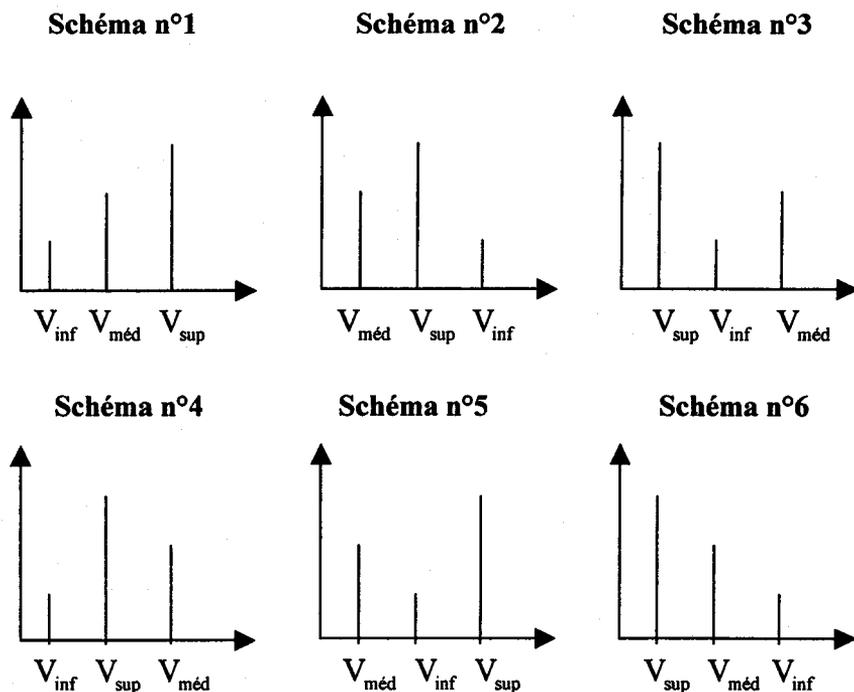
2. CHOIX DU PROGRAMME DE PRODUCTION

Nous avons jusqu'à présent raisonné à programme de production donné. Dans cette deuxième section, nous allons donc examiner comment l'entreprise détermine sa stratégie productive en raisonnant à programme de vente fixé.

La demande pouvant prendre trois états différents sur l'année, nous devons envisager tous les programmes de ventes possibles selon la demande qui est adressée à l'entreprise et déterminer pour chacun d'eux la stratégie productive optimale.

Aux trois niveaux de la demande correspondent au cours de l'année : une quantité de période basse (V_{inf}), une quantité de période intermédiaire ($V_{méd}$) et une quantité de période haute (V_{sup}).

De la combinaison de ces trois états de ventes se dégagent six schémas de ventes annuelles possibles (présentés ci-dessous) selon la période de l'année à laquelle sera adressé chacun des trois états de la demande¹¹⁰:



¹¹⁰ De ces schémas, seule la position respective des ventes est importante, l'ampleur des fluctuations peut être différente de celle présentée.

L'objectif de cette deuxième section est de trouver pour chacun de ces six programmes de ventes, la stratégie productive optimale (i.e. la quantité à produire à chaque sous-période t (Q_t) qui minimise le coût total de production de la firme).

La relation liant à chaque sous-période t quantité vendue (V_t), quantité produite (Q_t), variations de stock (S_t) et de quantité reportée (R_t) peut être résumée par l'égalité comptable suivante:

$$\forall t \quad Q_t = V_t + S_t - R_t$$

Comme, face à des variations prévisibles de demande, stockage et report de demande peuvent être considérés comme deux modalités d'adaptation exclusives choisies en fonction de leur coût relatif, l'expression peut se simplifier. Si le stockage est moins coûteux pour la firme, alors la quantité produite à chaque sous-période sera égale à la somme des quantités vendues et de la variation de stock :

$$\forall t \quad Q_t = V_t + S_t$$

Par contre, si c'est le report de demande qui est moins coûteux, alors la quantité produite à chaque sous-période sera égale au différentiel des quantités vendues et de la variation du report :

$$\forall t \quad Q_t = V_t - R_t$$

On cherchera donc, dans cette deuxième section, les variations de stock ou de report de ventes qui minimisent le coût total de production de la firme pour chacun des 6 programmes de ventes envisageables.

12 analyses sont donc a priori nécessaires : nous devons déterminer le choix de la firme face aux 6 programmes de ventes différents lorsqu'il est plus avantageux pour elle d'utiliser le stockage que le report de ventes et lorsqu'il est plus avantageux pour elle d'utiliser le report de ventes que le stockage. Pour chacun de ces programmes, il faudra donc chercher le domaine des points candidats à l'optimum et étudier leurs conditions d'optimalité.

On peut dès lors imaginer le travail fastidieux, mais surtout répétitif que demande cette étape. Nous allons donc dans un premier temps (§2.1.) tenter de réduire le domaine des possibles : à la fois en termes de programmes de vente à étudier (§2.1.1.), mais aussi en termes de programmes de production envisageables (§2.1.2.) afin de restreindre également le domaine des points candidats à l'optimum. Ce travail aura l'avantage de réduire significativement le nombre d'analyses à effectuer. Nous montrerons, en effet, dans ce premier point, que pour trouver le programme de production optimal pour chacun des 12 programmes de vente envisageables, on peut limiter l'analyse à deux programmes d'optimisation.

Nous consacrerons alors les deux points suivants (§2.2. et §2.3.) à étudier les points candidats à l'optimum pour chacun des deux programmes de vente et leurs conditions d'optimalité. Nous verrons alors, selon le programme de vente que la firme s'est fixée, ce qui détermine son choix productif et ce qui peut la pousser à changer de stratégie productive.

2.1. Restriction des programmes d'optimisation à résoudre

2.1.1. Restriction du nombre de programmes de vente à étudier

Nous allons dans un premier temps montrer qu'il est inutile de chercher le programme de production optimal pour les 6 programmes de vente envisageables. Ces six programmes de ventes peuvent se décomposer en deux sous-groupes pour lesquels la stratégie optimale sera similaire.

Un mouvement saisonnier se reproduit, par définition, à l'identique chaque année. La firme sait donc, quelle que soit la séquence des quantités commercialisées qu'elle s'est fixée, qu'elle se reproduira comme telle l'année suivante.

Si l'on écrit la séquence des quantités commercialisées pour plusieurs années consécutives pour chaque schéma de ventes présenté, on peut remarquer qu'un cycle annuel identique se dégage :

- pour les trois premiers schémas

$$\begin{aligned}
 \text{Schéma 1 : } & \left\{ \overbrace{V_{\text{inf}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{sup}}}^{\text{cycle annuel 1}}; \overbrace{V_{\text{inf}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{sup}}}^{\text{cycle annuel 2}}; \overbrace{V_{\text{inf}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{sup}}}^{\text{cycle annuel 3}}; \dots \right\} \\
 \text{Schéma 2 : } & \left\{ \overbrace{V_{\text{méd}}; V_{\text{sup}}; V_{\text{inf}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{sup}}}^{\text{cycle annuel 1}}; \overbrace{V_{\text{inf}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{sup}}; V_{\text{inf}}}^{\text{cycle annuel 2}}; \dots \right\} \\
 \text{Schéma 3 : } & \left\{ \overbrace{V_{\text{sup}}; V_{\text{inf}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{sup}}}^{\text{cycle annuel 1}}; \overbrace{V_{\text{inf}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{sup}}; V_{\text{inf}}}^{\text{cycle annuel 2}}; \dots \right\}
 \end{aligned}$$

- pour les trois derniers schémas

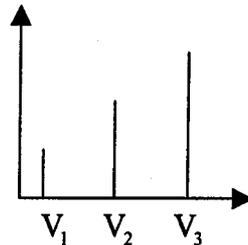
$$\begin{aligned}
 \text{Schéma 4 : } & \left\{ \overbrace{V_{\text{inf}}; V_{\text{sup}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{inf}}}^{\text{cycle annuel 1}}; \overbrace{V_{\text{sup}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{inf}}; V_{\text{sup}}}^{\text{cycle annuel 2}}; V_{\text{sup}}; V_{\text{méd}}; \dots \right\} \\
 \text{Schéma 5 : } & \left\{ \overbrace{V_{\text{méd}}; V_{\text{inf}}; V_{\text{sup}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{inf}}}^{\text{cycle annuel 1}}; \overbrace{V_{\text{sup}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{inf}}; V_{\text{sup}}}^{\text{cycle annuel 2}}; V_{\text{sup}}; \dots \right\} \\
 \text{Schéma 6 : } & \left\{ \overbrace{V_{\text{sup}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{inf}}}^{\text{cycle annuel 1}}; \overbrace{V_{\text{sup}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{inf}}}^{\text{cycle annuel 2}}; \overbrace{V_{\text{sup}}; V_{\text{méd}}; V_{\text{inf}}}^{\text{cycle annuel 3}}; \dots \right\}
 \end{aligned}$$

La période calendaire de l'année à laquelle se produit chacune de ces ventes n'a aucune importance dans la résolution de notre problème d'optimisation : que la période où la vente est la plus basse se produise en début d'année civile, en milieu ou en fin ne change rien dans l'adaptation à proprement parler de la firme. Seul l'ordre dans lequel se produisent ces différents niveaux de ventes peut avoir de l'importance dans la mesure où quantité stockée ou quantité reportée à une certaine date, dépend des variations de stock ou de report antérieures.

Ainsi, si l'on décide de débiter le mouvement saisonnier par la période où la vente est à son plus bas niveau pour les schémas 1, 2 et 3 mais que l'on garde l'ordonnancement des trois périodes, il s'en suit que cela revient à considérer que l'entreprise se trouve devant un programme de vente de type croissant. La quantité commercialisée au cours de la première période du cycle annuel V_1 sera la quantité minimale, la quantité commercialisée au cours de la deuxième

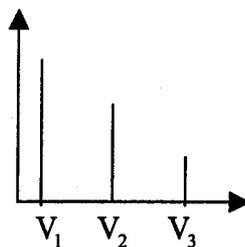
période du cycle V_2 sera la quantité intermédiaire et la quantité commercialisée au cours de la troisième période du cycle V_3 sera la quantité maximale :

$$\{V_1 = V_{\text{inf}}; V_2 = V_{\text{méd}}; V_3 = V_{\text{sup}}\}$$



Et si l'on décide de faire commencer le mouvement saisonnier par la période où la vente est à son plus haut niveau pour les schémas 4, 5 et 6 tout en gardant l'ordonnement des trois périodes, il s'en suit que cela revient à considérer que l'entreprise se trouve face à un programme de vente de type décroissant. La quantité commercialisée au cours de la première période du cycle annuel V_1 sera la quantité maximale, la quantité commercialisée au cours de la deuxième période du cycle V_2 sera la quantité intermédiaire et la quantité commercialisée au cours de la troisième période du cycle V_3 sera la quantité minimale :

$$\{V_1 = V_{\text{sup}}; V_2 = V_{\text{méd}}; V_3 = V_{\text{inf}}\}$$



Face aux 3 premiers schémas de ventes possibles, la stratégie productive optimale de la firme sera donc similaire et il en va de même face aux trois derniers schémas de ventes possibles.

Nous pouvons donc restreindre notre analyse aux choix productifs de la firme face à un cycle de ventes annuel croissant et face à un cycle de ventes annuel décroissant. Selon que la firme préfère le stockage au report de demande, nous aurons donc 4 programmes d'optimisation à résoudre (au lieu de 12).

2.1.2. Restrictions du domaine des solutions réellement candidates

Afin de restreindre les programmes de production à étudier, nous allons montrer que, face aux deux programmes de ventes à étudier, un certain nombre de programmes de production peuvent être éliminés d'emblée. Nous montrerons plus particulièrement que :

- face à un programme de vente de type croissant avec stockage, le programme de production optimal sera nécessairement croissant

- face à un programme de vente de type décroissant avec report de demande, le programme de production optimal sera nécessairement décroissant

- face à un programme de vente de type décroissant avec stockage, la quantité produite en première sous-période du cycle annuel sera plus faible que celle produite en troisième sous-période ; De plus selon que la quantité commercialisée en deuxième période est supérieure ou inférieure à la moyenne des ventes des deux autres sous-périodes, on aura respectivement une quantité produite en troisième période inférieure à celle produite en deuxième ou une quantité produite en première période supérieure à celle produite en deuxième période

- de même, face à un programme de vente de type croissant avec report, la quantité produite en première sous-période du cycle annuel sera plus importante que celle produite en troisième sous-période ; selon que la quantité commercialisée en deuxième période est supérieure ou inférieure à la moyenne des ventes des deux autres sous-périodes, on aura respectivement une quantité produite en première période inférieure à celle produite en deuxième ou une quantité produite en troisième période supérieure à celle produite en deuxième période.

Nous allons tout d'abord établir deux propositions utiles pour démontrer les suivantes :

Proposition 1 : la quantité maximale produite au cours de chaque sous-période de l'année sera inférieure ou égale à la quantité maximale vendue au cours d'une sous-période de l'année

$$Q_{\text{sup}} \leq \sup \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$$

Proposition 2 : la quantité minimale produite au cours de chaque sous-période de l'année sera supérieure ou égale à la quantité minimale vendue au cours d'une sous-période de l'année

$$Q_{\text{inf}} \geq \inf \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$$

Le programme que la firme cherche à résoudre est de répartir la production des quantités totales commercialisées sur l'année (i.e. $\sum_{t=1}^n V_t$) entre les différentes sous-périodes composant l'année. La firme ne rationnant pas sa demande en environnement certain, il en résulte que la quantité totale produite sur l'année (i.e. au cours des n sous-périodes) sera égale à la quantité totale vendue sur l'année. On a : $\sum_{t=1}^n Q_t = \sum_{t=1}^n V_t$.

Face à des variations de demande prévisibles, trois modalités d'adaptation peuvent agir sur la production : le stockage, le report de demande et la flexibilité du travail et de l'emploi.

La flexibilité du travail et de l'emploi permet à l'extrême – c'est à dire si elle est utilisée seule – d'adapter exactement la production de chaque sous-période de l'année à la quantité vendue au cours de chacune de ces sous-périodes

$$\forall t \quad Q_t = V_t$$

Le programme de production suivant $\{Q_1 = V_1; Q_2 = V_2; \dots; Q_t = V_t; \dots; Q_n = V_n\}$ est donc toujours un programme de production possible.

Le stockage et le report de demande sont, quant à eux, mis en œuvre pour lisser la production et non pour en accentuer les fluctuations. La firme stocke au cours des périodes basses pour déstocker au cours des périodes hautes ou

reporte une partie de sa demande des périodes hautes vers les périodes basses. Ainsi, si la firme met en œuvre l'une de ces deux modalités d'adaptation, elle produira plus que ce qu'elle ne vendra au cours des périodes basses et en revanche produira moins que ce qu'elle ne vendra au cours des périodes hautes. Il s'ensuit que le plus petit niveau de production avec stockage est forcément supérieur (ou égal) au plus petit niveau de production sans stockage et que le plus grand niveau de production avec stockage est forcément supérieur à celui sans stockage. On a donc :

$$Q_{sup} \leq \sup \{V_1, V_2, \dots, V_n\} \text{ et } Q_{inf} \geq \inf \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$$

Partant du programme de minimisation du coût total de production que la firme cherche à résoudre pour trouver son programme optimal de production, on peut montrer que :

Proposition 3 : Dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage, le programme de production de la firme sera tel que $Q_1 \leq Q_2 \leq Q_3$

Et que :

Proposition 4 : Dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec report de demande, le programme de production de la firme sera tel que $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$

Cas d'un programme de vente de type croissant avec possibilité de stockage

Lorsque l'entreprise utilise le stockage, le coût total de production s'écrit de manière générale :

$$CT = ncQ^* + a \sum_{i=1}^n Q_i + kw \sum_{i: q_i H_i > E_h} (H_i - E_h) + nwhE + s \sum_{i=1}^n QS_i$$

La capacité de production étant fixée à la quantité produite maximale, quel que soit le programme de production, les coûts fixes de production seront toujours

les mêmes. Il en va de même pour les coûts variables qui sont uniquement fonction de la quantité totale produite.

Concernant les niveaux de main-d'œuvre permanente et temporaire, ils ne dépendent que du surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre temporaire et du nombre de périodes. Ainsi, pour un k donné, les coûts de main-d'œuvre seront également identiques quel que soit le programme de production.

Seuls les coûts de stockage varieront selon le programme de production retenu par la firme. Il suffit donc de montrer ici que lorsque le programme de vente est de type croissant ($V_1 \leq V_2 \leq V_3$), le coût de stockage le plus faible est obtenu pour un programme de production de type croissant.

Face à un programme de vente de type croissant, V_1 étant la quantité vendue la plus faible au cours de l'année, la firme débute l'année avec un stock nul et peut constituer un stock en première période. Ce stock sera diminué ou augmenté en deuxième période selon la quantité produite et la quantité commercialisée mais sera dans tous les cas épuisé en troisième période. Le coût de stockage peut donc s'exprimer comme suit : $\sum_{t=1}^2 QS_t$.

Il suffit donc de montrer ici que la somme des quantités en stock à la fin de la première et de la deuxième période est minimale pour un programme de production croissant.

Grâce à la proposition 2, nous pouvons affirmer que $Q_1 \geq V_1$. La firme aura donc en stock en fin de première période $Q_1 - V_1$.

Quant à la proposition 1, elle nous permet de dire que $Q_3 \leq V_3$. Or, $\sum_{t=1}^n Q_t = \sum_{t=1}^n V_t$, on a donc : $Q_1 + Q_2 \geq V_1 + V_2$. La quantité stockée en fin de deuxième période sera donc égale à $(Q_1 + Q_2) - (V_1 + V_2)$.

Supposons des quantités produites X, Y, Z telles que $X \leq Y \leq Z$ (avec $X + Y + Z = V_1 + V_2 + V_3$). Nous pouvons alors montrer que le programme de production croissant $\{Q_1 = X, Q_2 = Y, Q_3 = Z\}$ est préféré à chacun des cinq autres programmes de production obtenus par permutations des quantités X, Y, Z sur ces trois périodes.

Ceci ressort du tableau suivant où pour chacun des programmes possibles nous avons indiqué les quantités en stock à la fin de la première période (QS_1), les quantités en stock à la fin de la deuxième période (QS_2) et la valeur de l'écart entre la somme de ces deux termes pour la solution $\{Q_1 = X, Q_2 = Y, Q_3 = Z\}$ et chacune des autres (Ecart). L'écart étant toujours négatif, tout autre programme de production que $\{Q_1 = X, Q_2 = Y, Q_3 = Z\}$ coûtera plus cher à la firme.

Tableau 5.1.
Choix du programme de production optimal dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage

Programmes	QS_1	QS_2	Ecart
$\{Q_1 = X, Q_2 = Y, Q_3 = Z\}$	$X - V_1$	$(X + Y) - (V_1 + V_2)$	0
$\{Q_1 = Z, Q_2 = X, Q_3 = Y\}$	$Z - V_1$	$(X + Z) - (V_1 + V_2)$	$X + Y - 2Z < 0$
$\{Q_1 = X, Q_2 = Z, Q_3 = Y\}$	$X - V_1$	$(X + Z) - (V_1 + V_2)$	$Y - Z < 0$
$\{Q_1 = Y, Q_2 = X, Q_3 = Z\}$	$Y - V_1$	$(X + Y) - (V_1 + V_2)$	$X - Y < 0$
$\{Q_1 = Z, Q_2 = Y, Q_3 = X\}$	$Z - V_1$	$(Z + Y) - (V_1 + V_2)$	$2X - 2Z < 0$
$\{Q_1 = Y, Q_2 = Z, Q_3 = X\}$	$Y - V_1$	$(Z + Y) - (V_1 + V_2)$	$2X - Y - Z < 0$

Ainsi, dans le cas d'un programme de vente de type croissant ($V_1 \leq V_2 \leq V_3$) avec stockage, l'entreprise a toujours intérêt à définir un programme de production de type croissant également ($Q_1 \leq Q_2 \leq Q_3$).

Cas d'un programme de vente de type décroissant avec possibilité de report de demande

Lorsque l'entreprise utilise le report de demande, le coût total de production s'écrit de manière générale :

$$CT = ncQ^* + a \sum_{t=1}^n Q_t + kw \sum_{\substack{t \\ V_t \text{ tq } H_t > E_h}} (H_t - E_h) + nwhE + r \sum_{t=1}^n QR_t$$

Pour les mêmes raisons que précédemment seuls les coûts de report varieront selon le programme de production retenu par la firme.

Lorsque le programme de vente est de type décroissant ($V_1 \geq V_2 \geq V_3$), la firme commence par affronter la période haute, mais son carnet de commande est vide en début de période. Une partie des ventes de période 1 peut être reportée pour une livraison en période 2. Il en ira de même de la période 2 à la période 3. Elle aura par contre satisfait toute sa demande reportée en fin de troisième période.

On est ainsi dans une situation totalement symétrique à la précédente, ce qui explique que, dans cette configuration le programme de production optimal est forcément décroissant.

En effet, des propositions 1 et 2, nous pouvons déduire les quantités reportées en fin de première période et en fin de deuxième période :

$$QR_1 = V_1 - Q_1$$

$$QR_2 = (V_1 + V_2) - (Q_1 + Q_2)$$

Ces quantités sont symétriques aux quantités stockées dans le cas d'un programme de vente croissant. Il est donc inutile de refaire la démonstration précédente, le programme de production préféré à tout autre sera symétrique à celui obtenu pour le stockage dans le cas d'un programme de vente de type croissant i.e. $\{Q_1 = Z, Q_2 = Y, Q_3 = X\}$. Nous pouvons dès lors en déduire que, dans le cas d'un programme de vente de type décroissant ($V_1 \geq V_2 \geq V_3$) avec report, l'entreprise aura toujours intérêt à définir un programme de production de type décroissant ($Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$).

Cas d'un programme de vente de type décroissant avec possibilité de stockage

Le cas où le programme de vente est de type décroissant et où l'entreprise y fait face par le stockage est un peu plus complexe à traiter. La raison est que, si on est sûr, que la firme doit débiter avec un stock positif (pour faire face à la haute période placée cette fois en première période), on ne peut pas dire a priori si elle a intérêt à commencer à constituer le stock en fin de deuxième période ou à le constituer en fin de troisième période. Il en résulte que si on peut toujours établir simplement que la production en première période sera toujours supérieure à celle de troisième période $Q_1 \geq Q_3$, la position du

programme de production Q_2 dépend de l'importance des ventes de période 2. Si elles sont proches de la période haute (i.e. si $v_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$), alors on peut établir que $Q_2 \geq Q_3$. Si, au contraire, V_2 est plus proche de V_3 que de V_1 (i.e. si $v_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$), alors on peut montrer que $Q_2 \leq Q_3$.

Montrons tout d'abord que :

Proposition 5 : Dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage, le programme de production sera tel que $Q_1 \geq Q_3$

Soit un programme de vente V_1, V_2 et V_3 tel que $V_1 \geq V_2 \geq V_3$

Soit un programme de production Q_1, Q_2, Q_3 caractérisé par $Q_1 \leq Q_3$

Alors le programme Q_3, Q_2, Q_1 doit lui être préféré donc un programme ne peut être optimal que si $Q_1 \geq Q_3$.

2 cas se présentent : $Q_2 \geq V_2$ ou $Q_2 \leq V_2$

a. si $Q_2 \geq V_2$

$$C_1 = \text{coût}(Q_1, Q_2, Q_3) = 2s(Q_2 - V_2) + s(Q_3 - V_3)$$

$$C_2 = \text{coût}(Q_3, Q_2, Q_1) = 2s(Q_2 - V_2) + s(Q_1 - V_3)$$

$$C_2 \leq C_1 \text{ car } Q_1 \leq Q_3$$

b. si $Q_2 \leq V_2$

$$C_1 = \text{coût}(Q_1, Q_2, Q_3) = s(Q_3 - V_3) - s(Q_2 - V_2)$$

$$C_2 = \text{coût}(Q_3, Q_2, Q_1) = s(Q_1 - V_3) - s(Q_2 - V_2)$$

$$C_2 \leq C_1 \text{ car } Q_1 \leq Q_3$$

On a donc bien dans le cas, d'un programme de vente de type décroissant avec stockage, $Q_1 \geq Q_3$.

Montrons alors que :

Proposition 6 : dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage, lorsque $v_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$, le programme de production optimal sera tel que $Q_1 \geq Q_2$ et lorsque $v_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$, le programme de production optimal sera tel que $Q_2 \geq Q_3$.

Le raisonnement qui permet d'introduire cette proposition repose sur le fait que la quantité maximale stockée est celle engendrée par un coût de stockage nul. On peut alors facilement montrer que, pour un coût de stockage ou de report nul, le programme de production optimal pour la firme est le lissage complet de sa production.

Soit un programme de production quelconque Q_{sup} , Q_{med} , Q_{inf} .

Ainsi pour $k < 1,5$, le programme de minimisation est le suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} CT = 3cQ_{sup} + a(Q_{inf} + Q_{med} + Q_{sup}) + 3weQ_{inf} + kwe(Q_{sup} + Q_{med} - Q_{inf}) \\ Sc \quad Q_{inf} + Q_{med} + Q_{sup} = V_1 + V_2 + V_3 \end{array} \right.$$

Pour $k \in [1,5 ; 3[$, le programme à minimiser est le suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} CT = 3cQ_{sup} + a(Q_{inf} + Q_{med} + Q_{sup}) + 3weQ_{med} + kwe(Q_{sup} - Q_{med}) \\ Sc \quad Q_{inf} + Q_{med} + Q_{sup} = V_1 + V_2 + V_3 \end{array} \right.$$

Pour $k \geq 3$,

$$\left\{ \begin{array}{l} CT = 3cQ_{sup} + a(Q_{inf} + Q_{med} + Q_{sup}) + 3weQ_{sup} \\ Sc \quad Q_{inf} + Q_{med} + Q_{sup} = V_1 + V_2 + V_3 \end{array} \right.$$

Si l'on calcule les dérivées du coût total par rapport à Q_{sup} , Q_{med} et Q_{inf} , quelle que soit la valeur de k , elles sont toutes positives. L'entreprise a donc intérêt à réduire au minimum Q_{sup} , Q_{med} et Q_{inf} .

$$\text{On a donc } Q_{sup} = Q_{med} = Q_{inf} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

Nous pouvons dès lors en déduire la quantité stockée par la firme à chaque sous-période :

$$S_1 = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} - V_1 = \frac{V_2 + V_3 - 2V_1}{3}$$

$$S_2 = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} - V_2 = \frac{V_1 + V_3 - 2V_2}{3}$$

$$S_3 = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} - V_3 = \frac{V_1 + V_2 - 2V_3}{3}$$

Ainsi, si $V_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$, alors $S_2 \geq 0$. La quantité totale stockée est donc égale à :

$$S = 2S_2 + S_3 = S_2 - S_1 = V_1 - V_2.$$

Cette quantité étant la quantité stockée maximale, on peut donc en déduire que :

$$S_2 - S_1 \leq V_1 - V_2 \quad \Leftrightarrow \quad V_2 + S_2 \leq V_1 + S_1 \quad \Leftrightarrow \quad Q_2 \leq Q_1$$

Par contre, si $V_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$, alors $S_2 \leq 0$. La quantité totale stockée est dans ce cas égale à :

$$S = S_3 - S_2 = V_2 - V_3$$

Cette quantité étant la quantité stockée maximale, on peut en déduire que :

$$S_3 - S_2 \leq V_2 - V_3 \quad \Leftrightarrow \quad V_3 + S_3 \leq V_2 + S_2 \quad \Leftrightarrow \quad Q_3 \leq Q_2$$

Cas d'un programme de vente de type croissant avec possibilité de report de demande

Dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec report de demande, nous pouvons par le biais de deux démonstrations strictement similaires, montrer que :

Proposition 7 : Dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec report de demande, le programme de production sera tel que $Q_1 \leq Q_3$

Proposition 8 : Dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec report, lorsque $v_2 \leq \frac{v_1 + v_3}{2}$, le programme de production optimal sera tel que $Q_3 \geq Q_2$ et lorsque $v_2 \geq \frac{v_1 + v_3}{2}$, le programme de production optimal sera tel que $Q_2 \geq Q_1$.

Symétrie des programmes de production avec possibilité de stockage ou de report

Des différentes propositions énoncées, se dégage en fait une symétrie entre les programmes de production avec stockage et les programmes avec report de demande.

Des propositions 3 et 4, on peut déduire que :

A un programme de vente tel que $v_{\text{inf}} \leq v_{\text{méd}} \leq v_{\text{sup}}$ correspond un programme de production tel que $Q(v_{\text{inf}}) \leq Q(v_{\text{méd}}) \leq Q(v_{\text{sup}})$

où $\left\{ \begin{array}{l} v_{\text{inf}} = v_1; v_{\text{méd}} = v_2; v_{\text{sup}} = v_3 \end{array} \right\}$ avec stockage
 $\left\{ \begin{array}{l} v_{\text{inf}} = v_3; v_{\text{méd}} = v_2; v_{\text{sup}} = v_1 \end{array} \right\}$ avec report

Des propositions 5 et 7, que :

A un programme de vente tel que $v_{\text{inf}} \leq v_{\text{méd}} \leq v_{\text{sup}}$ correspond un programme de production tel que $Q(v_{\text{inf}}) \leq Q(v_{\text{sup}})$

où $\left\{ \begin{array}{l} v_{\text{inf}} = v_3; v_{\text{méd}} = v_2; v_{\text{sup}} = v_1 \end{array} \right\}$ avec stockage
 $\left\{ \begin{array}{l} v_{\text{inf}} = v_1; v_{\text{méd}} = v_2; v_{\text{sup}} = v_3 \end{array} \right\}$ avec report

Des propositions 6 et 8, que :

A un programme de vente tel que $v_{\text{inf}} \leq v_{\text{méd}} \leq v_{\text{sup}}$ avec $v_{\text{méd}} \leq \frac{v_{\text{inf}} + v_{\text{sup}}}{2}$ correspond un programme de production tel que $Q(v_{\text{méd}}) \leq Q(v_{\text{sup}})$

où $\left\{ \begin{array}{l} V_{\text{inf}} = V_3; V_{\text{méd}} = V_2; V_{\text{sup}} = V_1 \end{array} \right\}$ avec stockage
 $\left\{ \begin{array}{l} V_{\text{inf}} = V_1; V_{\text{méd}} = V_2; V_{\text{sup}} = V_3 \end{array} \right\}$ avec report

A un programme de vente tel que $V_{\text{inf}} \leq V_{\text{méd}} \leq V_{\text{sup}}$ avec $V_{\text{méd}} \geq \frac{V_{\text{inf}} + V_{\text{sup}}}{2}$
correspond un programme de production tel que $Q(V_{\text{inf}}) \leq Q(V_{\text{méd}})$

où $\left\{ \begin{array}{l} V_{\text{inf}} = V_3; V_{\text{méd}} = V_2; V_{\text{sup}} = V_1 \end{array} \right\}$ avec stockage
 $\left\{ \begin{array}{l} V_{\text{inf}} = V_1; V_{\text{méd}} = V_2; V_{\text{sup}} = V_3 \end{array} \right\}$ avec report

On peut ainsi remarquer que face aux mêmes quantités vendues les programmes de production optimaux avec report et avec stockage sont identiques. La seule différence réside dans la sous-période de l'année à laquelle se réalisera chacune des ventes et des quantités commercialisées. A V_1, V_2, V_3 dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage correspondent respectivement V_3, V_2, V_1 d'un programme de vente de type décroissant avec report et donc au programme de production optimal Q_1, Q_2, Q_3 dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage correspondra le programme Q_3, Q_2, Q_1 pour un programme de vente de type décroissant avec report.

De même à V_1, V_2, V_3 dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage correspondent respectivement V_3, V_2, V_1 dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec report et donc à Q_1 correspondra également Q_3 à Q_2 correspondra Q_2 et à Q_3 correspondra Q_1 .

De cette symétrie, nous pouvons conclure que l'on peut indifféremment étudier:
- les conditions d'optimalité d'un programme de vente de type croissant avec stockage ou d'un programme de vente de type décroissant avec report
- et les conditions d'optimalité d'un programme de vente de type décroissant avec stockage ou d'un programme de vente de type croissant avec report

Les points candidats à l'optimum seront symétriques et les conditions d'optimalité de ces points seront identiques.

Seuls deux programmes d'optimisation doivent donc être étudiés pour trouver le choix productif optimal de la firme face aux 12 programmes de ventes présentés. Nous étudierons donc dans un deuxième point le choix productif de la firme face à un programme de vente de type croissant avec stockage puis

dans un troisième point le choix productif de la firme face à un programme de vente de type décroissant avec stockage.

2.2. Choix productif de la firme face à un programme de vente de type croissant avec stockage

Nous allons donc chercher ici le programme de production optimal pour une firme préférant le stockage au report de demande dans le cas où le programme de vente est de type croissant. Nous déterminerons dans un premier temps le domaine des points candidats à l'optimum (§2.2.1). Puis, dans un deuxième temps, nous définirons les conditions d'optimalité de chacun de ces points (§2.2.2.). Nous analyserons alors les déterminants du choix productif de la firme face à un programme de vente de ce type et pourrons alors voir ce qui peut conduire la firme à changer de stratégie productive (§2.2.3.).

2.2.1. Définition et caractérisation du domaine des points candidats à l'optimum

Définition du domaine

Les variables de notre problème sont les quantités à produire Q_1, Q_2, Q_3 à programme de vente V_1, V_2, V_3 fixé. Comme nous avons forcément $Q_1 + Q_2 + Q_3 = V_1 + V_2 + V_3$, notre problème ne comporte en fait que deux variables Q_1 et Q_2 qui sont elles mêmes en relation directe avec les variations de stock S_1 et S_2 . Nous avons en effet : $Q_1 - V_1 = S_1$ et $Q_2 - V_2 = S_2$. C'est donc avec ces deux variables que nous raisonnerons.

D'après la proposition 2, on a $Q_1 \geq V_1$. Or $Q_1 = V_1 + S_1$, on peut dès lors déduire une première contrainte concernant le stockage : la variation de stock au cours de la première période sera forcément positive ou nulle. Pour le dire autrement, la firme, au cours de la première période, ne déstockera jamais.

$$(1) \quad S_1 \geq 0$$

D'après la proposition 1, on a : $Q_3 \leq V_3 \Leftrightarrow S_3 \leq 0$ ou encore :

$$(2) \quad S_1 + S_2 \geq 0$$

Deux autres contraintes se déduisent de la proposition 3 (i.e. du fait que $Q_1 \leq Q_2 \leq Q_3$).

$$Q_2 \leq Q_3 \quad \Leftrightarrow \quad V_2 + S_2 \leq V_3 - S_1 - S_2, \text{ on a donc :}$$

$$(3) \quad S_1 + 2S_2 \leq V_3 - V_2$$

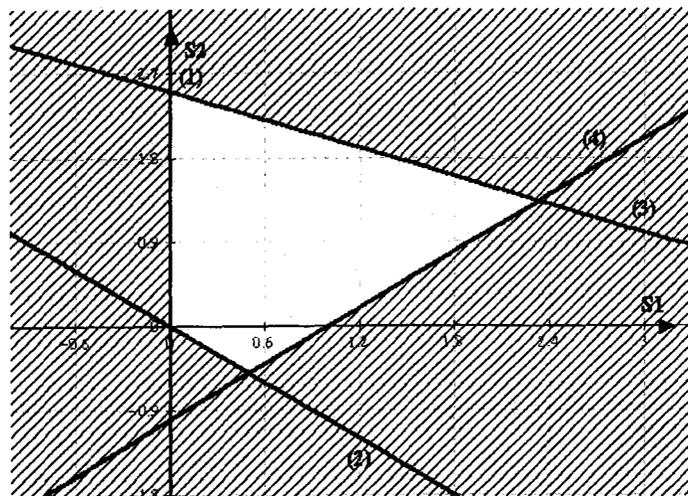
$$\text{Et, } Q_1 \leq Q_2 \quad \Leftrightarrow \quad V_1 + S_1 \leq V_2 + S_2 \text{ d'où la quatrième contrainte :}$$

$$(4) \quad S_1 - S_2 \leq V_2 - V_1$$

Ces quatre contraintes délimitent le domaine des points candidats à l'optimum concernant les quantités mises en stock.

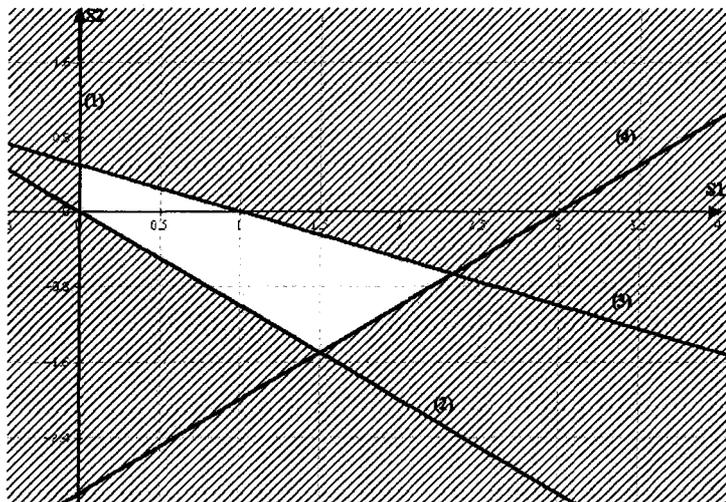
Si $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$, les points candidats à l'optimum se situent dans le quadrilatère suivant :

Graphique 5.1.
Points candidats à l'optimum dans le cas d'un programme de vente de type
croissant avec stockage lorsque $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$



Et si $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$ alors les points candidats à l'optimum se situent dans le quadrilatère suivant :

Graphique 5.2.
Points candidats à l'optimum dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec possibilité de stockage lorsque $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$



Fonction objectif

L'optimum correspond à la minimisation du coût total de production :

$$\text{Min CT} = 3cQ^* + a \sum_{i=1}^3 Q_i + kw \sum_{\forall t: q_{H_t} > E_t} (H_t - E_t) + 3whE + s \sum_{i=1}^3 QS_i$$

Encore faut-il réexprimer ce coût en fonction des deux variables S_1 et S_2 .

La capacité de production devant permettre la production de la quantité maximale produite au cours des 3 périodes ($Q^* = \max\{Q_1, Q_2, Q_3\}$), elle sera, dans ce cas, égale à Q_3 , soit donc égale à $V_3 - S_1 - S_2$.

Grâce à l'étape précédente, nous connaissons pour chaque valeur du surcoût de la main-d'œuvre temporaire, le niveau de production auquel correspond l'effectif permanent. Ainsi, si $k < 1,5$, l'entreprise fixera son niveau de main-

d'œuvre permanente tel qu'il satisfasse Q_1 ; si $k \in [1,5 ; 3[$, l'entreprise le fixera tel qu'il satisfasse Q_2 et si $k \geq 3$, alors elle le fixera de telle sorte qu'il satisfasse Q_3 .

Si l'entreprise fixe le niveau de main-d'œuvre permanente tel qu'il satisfasse Q_1 , elle emploiera de la main-d'œuvre temporaire pour satisfaire le différentiel de production entre Q_1 et Q_2 au cours de la deuxième période et entre Q_1 et Q_3 au cours de la troisième. Le coût total de main-d'œuvre sera alors égal à :

$$CMO = 3weQ_1 + kwe(Q_3 + Q_2 - 2Q_1) = 3we(V_1 + S_1) + kwe(V_2 + V_3 - 2V_1 - 3S_1)$$

Si elle le fixe tel qu'il satisfasse Q_2 , elle n'emploiera de la main-d'œuvre temporaire que pour satisfaire le différentiel de production entre Q_2 et Q_3 en troisième période. Soit le coût total de main-d'œuvre :

$$CMO = 3weQ_2 + kwe(Q_3 - Q_2) = 3we(V_2 + S_2) + kwe(V_3 - V_2 - S_1 - 2S_2)$$

Enfin, si elle fixe son niveau de main-d'œuvre permanente de telle sorte qu'il puisse produire Q_3 , l'entreprise n'aura plus de raison d'employer de la main-d'œuvre temporaire. Son coût total de main-d'œuvre sera alors égal à :

$$CMO = 3weQ_3 = 3we(V_3 - S_1 - S_2)$$

Le coût de stockage, quant à lui, est proportionnel à la quantité stockée. V_1 étant la quantité la plus petite vendue, la quantité en stock en fin de première période sera égale à la variation de stock de la période ($QS_1 = S_1$). La quantité en stock en fin de deuxième période sera égale à la somme des variations de stock des deux premières périodes ($QS_2 = S_1 + S_2$). Quant à la quantité stockée en fin de troisième période, elle sera nulle ($QS_3 = 0$). Ainsi, le coût total de stockage sera égal à :

$$CS = s \sum_{i=1}^3 QS_i = s(2S_1 + S_2)$$

L'expression de la fonction objectif s'exprime donc ainsi selon la valeur de k :

Pour $k \leq 1.5$

$$CT = 3c(V_3 - S_1 - S_2) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_1 + S_1) + kwe(V_2 + V_3 - 2V_1 - 3S_1) + s(2S_1 + S_2)$$

Pour $1.5 \leq k \leq 3$

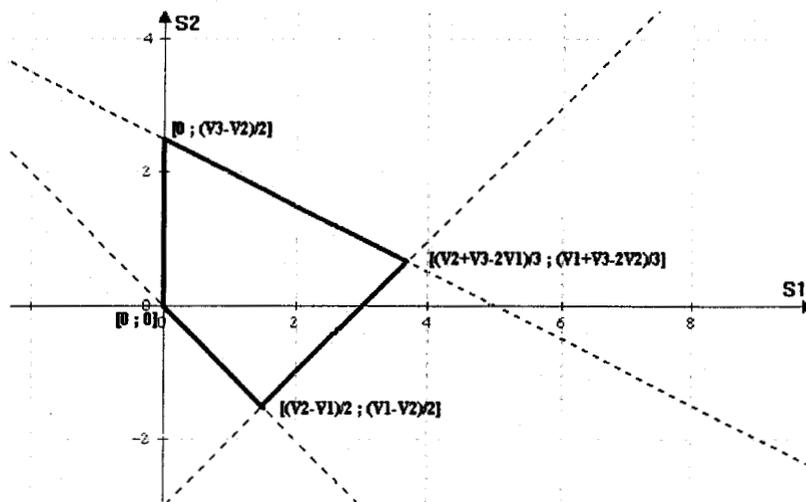
$$CT = 3c(V_3 - S_1 - S_2) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_2 + S_2) + kwe(V_3 - V_2 - S_1 - 2S_2) + s(2S_1 + S_2)$$

Pour $k \geq 3$

$$CT = 3c(V_3 - S_1 - S_2) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_3 - S_1 - S_2) + s(2S_1 + S_2)$$

Le domaine des points candidats est fermé, borné ; La fonction objectif à minimiser est linéaire ; L'optimum sera donc forcément situé sur le bord du domaine. Comme le domaine est délimité par des contraintes linéaires, il suffit de considérer les sommets du polygone des points candidats à l'optimum (Cf. graphique 5.3.).

Graphique 5.3.
Points candidats à l'optimum pour un programme de vente de type croissant avec stockage



Brève caractérisation des points extrêmes

Les points candidats sont définis de la même manière que V_2 soit inférieur ou supérieur à $\frac{V_1 + V_3}{2}$. On peut les caractériser ainsi :

Le premier point candidat se trouve à l'intersection des contraintes $S_1 = 0$ et $S_1 + S_2 = 0$:

$$[1] \quad \begin{aligned} S_1 &= 0 \\ S_2 &= 0 \end{aligned}$$

Il correspond à une **absence de lissage de la production**. La firme produit à chaque sous-période la quantité exacte qu'elle vendra et n'utilisera pas le stockage.

Le deuxième point candidat se trouve à l'intersection des contraintes $S_1 = 0$ et $S_1 + 2S_2 = V_3 - V_2$:

$$[2] \quad \begin{aligned} S_1 &= 0 \\ S_2 &= \frac{V_3 - V_2}{2} \end{aligned}$$

Cette situation correspond à un **lissage de la production sur les deux dernières périodes**. La firme produit en première période la quantité exacte qu'elle vendra au cours de cette période ($Q_1 = V_1$). En revanche, elle produit au cours des deuxième et troisième périodes la moyenne des ventes de ces deux périodes ($Q_2 = Q_3 = (V_2 + V_3)/2$).

Le troisième point candidat se trouve à l'intersection des contraintes $S_1 + S_2 = 0$ et $S_1 - S_2 = V_2 - V_1$:

$$[3] \quad \begin{aligned} S_1 &= \frac{V_2 - V_1}{2} \\ S_2 &= \frac{V_1 - V_2}{2} \end{aligned}$$

Il correspond à une situation de **lissage de la production sur les deux premières périodes**. La firme produit au cours des périodes 1 et 2 la quantité moyenne qu'elle vendra dans ce même laps de temps ($Q_1 = Q_2 = (V_1 + V_2)/2$) et produit en troisième période la quantité exacte qu'elle vendra pendant la période ($Q_3 = V_3$).

Enfin le quatrième point candidat se trouve à l'intersection des contraintes $S_1 + 2S_2 = V_3 - V_2$ et $S_1 - S_2 = V_2 - V_1$:

$$[4] \quad \begin{aligned} S_1 &= \frac{V_2 + V_3 - 2V_1}{3} \\ S_2 &= \frac{V_1 + V_3 - 2V_2}{3} \end{aligned}$$

Il correspond à un **lissage complet de la production**. La firme produit à chaque période la moyenne des ventes des trois périodes ($Q_1=Q_2=Q_3=(V_1+V_2+V_3)/3$).

2.2.2. Examens des conditions d'optimalités des points extrêmes

Nous examinerons dans ce paragraphe de manière méthodique les conditions d'optimalité de chacun des quatre points.

Le principe de l'étude est le même pour chacun d'eux : énoncé de la condition portant sur le gradient de la fonction coût puis application de cette condition aux trois fonctions objectifs correspondant chacune à une valeur de k .

L'ensemble des résultats obtenus est récapitulé dans le tableau 5.2. des pages 215 et suivantes placé à la fin de ce paragraphe.

Absence de lissage de la production

L'absence de lissage de la production correspondant au premier point candidat est une situation optimale pour la firme si $\frac{\delta CT}{\delta S_1} > 0$, $\frac{\delta CT}{\delta S_2} > 0$ et la pente de la

courbe d'iso-coût est inférieure à -1 i.e. $-\frac{\frac{\delta S_1}{\delta CT}}{\frac{\delta S_2}{\delta CT}} < -1$.

Application de la condition d'optimalité

Si $k \leq \frac{3}{2}$

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_1} = 3[c + we(k-1)] - 2s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$$

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_2} = 3c - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3c$$

$$\frac{\frac{\delta \pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta \pi}{\delta S_2}} = \frac{3[c + we(k-1)] - 2s}{3c - s} > 1 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3we(k-1)$$

Pour $c < we(k-1)$, on a $3c < \frac{3}{2}[c + we(k-1)] < 3we(k-1)$

Pour $c > we(k-1)$, on a $3we(k-1) < \frac{3}{2}[c + we(k-1)] < 3c$

Absence de lissage de la production pour $k \leq \frac{3}{2}$

si $c < we(k-1)$ et $s > 3we(k-1)$
 Ou si $c > we(k-1)$ et $s > 3c$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production la plus basse de l'année (Q_1). Elle n'utilisera pas le stockage comme modalité d'adaptation ($S_1=S_2=S_3=0$) et produira donc exactement les quantités vendues à chaque sous-période ($Q_1=V_1$; $Q_2=V_2$; $Q_3=V_3$). Elle fixera dans ce cas sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_3 (i.e. V_3). L'effectif permanent ne permettant de satisfaire que Q_1 (i.e. V_1) à chaque sous-période, elle ne le paiera pas à ne rien faire mais devra utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire pour satisfaire le différentiel de production entre Q_2 et Q_1 au cours de la deuxième période et entre Q_3 et Q_1 au cours de la troisième période, soit respectivement V_2-V_1 et V_3-V_1 . Elle utilisera donc sur l'année de la main-d'œuvre "supplémentaire" pour produire $V_2+V_3-2V_1$.

Si $1.5 \leq k \leq 3$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3c - 2s + kwe < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > \frac{3c + kwe}{2}$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c - s - 3we + 2kwe = 3c + we(2k-3) - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3c + we(2k-3)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = \frac{3c - 2s + kwe}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c + we(2k-3) - s} > 1 \quad \Leftrightarrow \quad s > we(3-k)$$

Pour $c < we(2-k)$, on a $3c + we(2k-3) < \frac{3c + kwe}{2} < we(3-k)$

Pour $c > we(2-k)$, on a $we(3-k) < \frac{3c + kwe}{2} < 3c + we(2k-3)$

Absence de lissage de la production pour $k \in \left[\frac{3}{2}, 3 \right]$

Si $c < we(2-k)$ et $s > we(3-k)$
 Ou si $c > we(2-k)$ et $s > 3c + we(2k-3)$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production de la deuxième période (Q_2).

Elle n'utilisera pas le stockage comme modalité d'adaptation ($S_1=S_2=S_3=0$) et produira donc exactement les quantités vendues à chaque sous-période ($Q_1=V_1$; $Q_2=V_2$; $Q_3=V_3$). Elle fixera dans ce cas sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_3 (i.e. V_3).

L'effectif permanent permettant de satisfaire Q_2 (i.e. V_2) à chaque sous-période et ne produisant que Q_1 au cours de la première période, on peut dire que l'entreprise le paiera à ne rien faire l'équivalent de Q_2-Q_1 (i.e. de V_2-V_1). Elle devra par contre utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire pour satisfaire le différentiel de production entre Q_3 et Q_2 au cours de la troisième période, soit V_3-V_2 .

Si $k \geq 3$

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_1} = 3(c+we) - 2s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > \frac{3}{2}(c+we)$$

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_2} = 3(c+we) - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3(c+we)$$

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_1} = \frac{3(c+we) - 2s}{3(c+we) - s} > 1 \quad \Leftrightarrow \quad s > 0$$

Absence de lissage de la production pour $k \geq 3$

Si $s > 3(c+we)$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production la plus haute de l'année (Q_3).

Elle n'utilisera pas le stockage comme modalité d'adaptation ($S_1=S_2=S_3=0$) et produira donc exactement les quantités vendues à chaque sous-période ($Q_1=V_1$; $Q_2=V_2$; $Q_3=V_3$). Elle fixera dans ce cas sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_3 (i.e. V_3).

L'effectif permanent permettant de satisfaire Q_3 (i.e. V_3) à chaque sous-période et ne produisant que Q_1 au cours de la première période et Q_2 au cours de la deuxième, on peut dire que l'entreprise le paiera à ne rien faire l'équivalent de Q_3-Q_1 (i.e. de V_3-V_1) au cours de la première période et l'équivalent de Q_3-Q_2 (i.e. V_3-V_2) au cours de la deuxième, soit au total : $2V_3-V_1-V_2$. Elle n'aura par contre pas besoin d'utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire.

Lissage de la production sur les deux dernières périodes

Le deuxième point est optimum si $\frac{\delta CT}{\delta S_1} > 0$ et $\frac{\delta CT}{\delta S_2} < 0$ (1^{ère} condition) et/ou si $\frac{\delta CT}{\delta S_1} < 0$, $\frac{\delta CT}{\delta S_2} < 0$ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à $-1/2$ (2^{ème} condition).

Application de la condition d'optimalité

Si $k \leq \frac{3}{2}$

1ère condition :

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_1} = 3[c + we(k-1)] - 2s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$$

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_2} = 3c - s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3c$$

Le 1^{ère} condition est vérifiée si $\frac{3}{2}[c + we(k-1)] < s < 3c$ et $c > we(k-1)$

2ème condition :

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_1} = 3[c + we(k-1)] - 2s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$$

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_2} = 3c - s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3c$$

$$\frac{\frac{\delta \pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta \pi}{\delta S_2}} = \frac{3[c + we(k-1)] - 2s}{3c - s} < \frac{1}{2} \quad \Leftrightarrow \quad s > c + 2we(k-1)$$

La 2^{ème} condition est vérifiée uniquement si $c > we(k-1)$. Or, pour $c > we(k-1)$, on a $c + 2we(k-1) < \frac{3}{2}[c + we(k-1)] < 3c$ et donc $c + 2we(k-1) < s < \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$

Lissage de la production sur les deux dernières périodes pour $k \leq \frac{3}{2}$

Si $c > we(k-1)$ et $c + 2we(k-1) < s < 3c$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production la plus basse de l'année (Q_1). Elle ne stockera pas au cours de la première période et produira donc au cours de cette période exactement ce qu'elle vendra ($Q_1=V_1$). Par contre, elle stockera en deuxième période $(V_3-V_2)/2$ qu'elle déstockera au cours de la troisième période. Elle produira donc exactement la même quantité au cours des deux dernières périodes : la moyenne des ventes qu'elle réalisera au cours de ces deux périodes ($Q_2=Q_3=(V_2+V_3)/2$). Elle fixera dans ce cas sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_3 et Q_2 (i.e. $(V_2+V_3)/2$).

L'effectif permanent permettant de satisfaire Q_1 (i.e. V_1) à chaque sous-période, l'entreprise ne le paiera pas à ne rien faire. Elle aura par contre besoin d'utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire pour satisfaire le différentiel de production entre Q_2 et Q_1 au cours de la deuxième période et entre Q_3 et Q_1 au cours de la troisième, i.e. $(V_2+V_3)/2 - V_1$ à chaque période, soit au total : $V_2+V_3-2V_1$.

Si $1.5 \leq k \leq 3$

1ère condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3c - 2s + kwe < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > \frac{3c + kwe}{2}$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c + we(2k - 3) - s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3c + we(2k - 3)$$

La 1^{ère} condition est vérifiée si $\frac{3c + kwe}{2} < s < 3c + we(2k - 3)$ et $c > we(2 - k)$

2ème condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3c - 2s + kwe > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3c + kwe}{2}$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c - s - 3we + 2kwe = 3c + we(2k - 3) - s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3c + we(2k - 3)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = \frac{3c - 2s + kwe}{3c + we(2k - 3) - s} < \frac{1}{2} \quad \Leftrightarrow \quad s > c + we$$

La 2^{ème} condition est vérifiée pour $c > we(2 - k)$. Or, pour $c > we(2 - k)$, on a

$$c + we < \frac{3c + kwe}{2} < 3c + we(2k - 3) \text{ et donc } c + we < s < \frac{3c + kwe}{2}.$$

Lissage de la production sur les deux dernières périodes pour $k \in \left[\frac{3}{2}, 3\right]$

Si $c > we(2-k)$ ¹¹¹ et $c+we < s < 3c+we(2k-3)$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production de la deuxième période (Q_2). Elle ne stockera pas au cours de la première période et produira donc au cours de cette période exactement ce qu'elle vendra ($Q_1=V_1$). Par contre, elle stockera en deuxième période $(V_3-V_2)/2$ qu'elle déstockera au cours de la troisième période. Elle produira donc exactement la même quantité au cours des deux dernières périodes : la moyenne des ventes qu'elle réalisera au cours de ces deux périodes ($Q_2=Q_3=(V_2+V_3)/2$). Elle fixera dans ce cas sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_3 et Q_2 (i.e. $(V_2+V_3)/2$).

L'effectif permanent permettant de satisfaire Q_2 (i.e. $(V_2+V_3)/2$) à chaque sous-période, l'entreprise le paiera pas à ne rien faire au cours de la première période l'équivalent de $(V_2+V_3)/2-V_1$. Elle n'aura par contre pas besoin d'utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire.

Si $k \geq 3$

1ère condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3(c+we) - 2s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > \frac{3}{2}(c+we)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3(c+we) - s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3(c+we)$$

La 1^{ère} condition est vérifiée si $\frac{3}{2}(c+we) < s < 3(c+we)$

2ème condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3(c+we) - 2s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3}{2}(c+we)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3(c+we) - s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3(c+we)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = \frac{3(c+we) - 2s}{3(c+we) - s} < \frac{1}{2} \quad \Leftrightarrow \quad s > c+we$$

La 2^{ème} condition est vérifiée si $c+we < s < \frac{3}{2}(c+we)$

¹¹¹ On peut remarquer que l'entreprise lissera sa production sur les deux dernières périodes uniquement si $k > 2$.

Lissage de la production sur les deux dernières périodes pour $k \geq 3$

Si $c + we < s < 3(c + we) \quad \forall c$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production la plus haute de l'année (Q_3). Elle ne stockera pas au cours de la première période et produira donc au cours de cette période exactement ce qu'elle vendra ($Q_1=V_1$). Par contre, elle stockera en deuxième période $(V_3-V_2)/2$ qu'elle déstockera au cours de la troisième période. Elle produira donc exactement la même quantité au cours des deux dernières périodes : la moyenne des ventes qu'elle réalisera au cours de ces deux périodes ($Q_2=Q_3=(V_2+V_3)/2$). Elle fixera dans ce cas sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_3 et Q_2 (i.e. $(V_2+V_3)/2$).

L'effectif permanent permettant de satisfaire Q_3 (i.e. $(V_2+V_3)/2$) à chaque sous-période, l'entreprise le paiera pas à ne rien faire au cours de la première période l'équivalent de $(V_2+V_3)/2-V_1$. Elle n'aura par contre pas besoin d'utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire.

On retrouve ici les mêmes résultats que précédemment.

Lissage de la production sur les deux premières périodes

Cette situation, correspondant au troisième point, est optimale pour l'entreprise si $\frac{\delta CT}{\delta S_1} > 0, \frac{\delta CT}{\delta S_2} > 0$ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à -1 (1^{ère} condition) ou si $\frac{\delta CT}{\delta S_1} < 0, \frac{\delta CT}{\delta S_2} > 0$ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à 1 (2^{ème} condition).

Application de la condition d'optimalité

Si $k \leq \frac{3}{2}$

1ère condition :

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_1} = 3[c + we(k-1)] - 2s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$$

$$\frac{\delta \pi}{\delta S_2} = 3c - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3c$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3[c + we(k-1)] - 2s}{3c - s} < 1 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3we(k-1)$$

La 1^{ère} condition est vérifiée si $c < we(k-1)$. Or pour $c < we(k-1)$, on a $3c < \frac{3}{2}[c + we(k-1)] < 3we(k-1)$ et donc $\frac{3}{2}[c + we(k-1)] < s < 3we(k-1)$.

2ème condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3[c + we(k-1)] - 2s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3c$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3[c + we(k-1)] - 2s}{-3c + s} < 1 \quad \Leftrightarrow \quad s > 2c + we(k-1)$$

La 2^{ème} condition est vérifiée si $c < we(k-1)$. Or pour $c < we(k-1)$, on a $3c < 2c + we(k-1) < \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$ et donc $2c + we(k-1) < s < \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$.

Lissage de la production sur les deux premières périodes pour $k \leq \frac{3}{2}$

Si $c < we(k-1)$ et $2c + we(k-1) < s < 3we(k-1)$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production la plus basse de l'année (Q_1). Elle stockera au cours de la première période $(V_2 - V_1)/2$ qu'elle déstockera entièrement au cours de la deuxième période. Elle produira donc exactement la même quantité au cours des deux premières périodes : la moyenne des ventes qu'elle réalisera au cours de ces deux périodes ($Q_1 = Q_2 = (V_1 + V_2)/2$) et produira au cours de la troisième période exactement ce qu'elle vendra ($Q_3 = V_3$). Elle fixera dans ce cas sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_3 (i.e. V_3). L'effectif permanent permettant de satisfaire Q_1 (i.e. $(V_1 + V_2)/2$) à chaque sous-période, l'entreprise ne le paiera pas à ne rien faire. Elle aura par contre besoin d'utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire pour satisfaire le différentiel de production entre Q_3 et Q_1 au cours de la troisième période, i.e. $V_3 - (V_1 + V_2)/2$.

Si $1.5 \leq k \leq 3$

1ère condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3c - 2s + kwe < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > \frac{3c + kwe}{2}$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c + we(2k-3) - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3c + we(2k-3)$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3c - 2s + kwe}{3c + we(2k-3) - s} < 1 \quad \Leftrightarrow \quad s < we(3-k)$$

La 1^{ère} condition est vérifiée si $c < we(2-k)$. Or pour $c < we(2-k)$, on a

$$3c + we(2k-3) < \frac{3c + kwe}{2} < we(3-k) \quad \text{et donc} \quad \frac{3c + kwe}{2} < s < we(3-k).$$

2^{ème} condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3c - 2s + kwe > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3c + kwe}{2}$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c + we(2k-3) - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3c + we(2k-3)$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3c - 2s + kwe}{-3c - we(2k-3) + s} < 1 \quad \Leftrightarrow \quad s > 2c + we(k-1)$$

La 2^{ème} condition est vérifiée si $c < we(2-k)$. Or pour $c < we(2-k)$, on a

$$3c + we(2k-3) < 2c + we(k-1) < \frac{3c + kwe}{2} \quad \text{et donc} \quad 2c + we(k-1) < s < \frac{3c + kwe}{2}$$

Lissage de la production sur les deux premières périodes pour $k \in \left[\frac{3}{2}, 3\right]$

Si $c < we(2-k)$ et $2c + we(k-1) < s < we(3-k)$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production de la deuxième période (Q_2). Elle stockera au cours de la première période $(V_2 - V_1)/2$ qu'elle déstockera entièrement au cours de la deuxième période. Elle produira donc exactement la même quantité au cours des deux premières périodes : la moyenne des ventes qu'elle réalisera au cours de ces deux périodes ($Q_1 = Q_2 = (V_1 + V_2)/2$) et produira au cours de la troisième période exactement ce qu'elle vendra ($Q_3 = V_3$). Elle fixera dans ce cas sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_3 (i.e. V_3). L'effectif permanent permettant de satisfaire Q_2 (i.e. $(V_1 + V_2)/2$) à chaque sous-période, l'entreprise ne le paiera pas à ne rien faire. Elle aura par contre besoin d'utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire pour satisfaire le différentiel de production entre Q_3 et Q_2 au cours de la troisième période, i.e. $V_3 - (V_1 + V_2)/2$.

On retrouve les mêmes résultats que précédemment.

Si $k \geq 3$

1ère condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3(c+we) - 2s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > \frac{3}{2}(c+we)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3(c+we) - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3(c+we)$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3(c+we) - 2s}{3(c+we) - s} < 1 \quad \Leftrightarrow \quad s < 0$$

Impossible

2ème condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3(c+we) - 2s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3}{2}(c+we)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3(c+we) - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3(c+we)$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3(c+we) - 2s}{-3(c+we) + s} < 1 \quad \Leftrightarrow \quad s > 2(c+we)$$

Impossible

Pour $k \geq 3$, l'entreprise ne lissera jamais sa production sur les deux premières périodes.

Lissage complet de la production

Ce quatrième point est optimum si $\frac{\delta CT}{\delta S_1} < 0$, $\frac{\delta CT}{\delta S_2} < 0$ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à $-1/2$ (1^{ère} condition) ou si $\frac{\delta CT}{\delta S_1} < 0$, $\frac{\delta CT}{\delta S_2} > 0$ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à 1 (2^{ème} condition).

Application de la condition d'optimalité

Si $k \leq \frac{3}{2}$

1ère condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3[c + we(k-1)] - 2s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c - s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3c$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3[c + we(k-1)] - 2s}{3c - s} > \frac{1}{2} \quad \Leftrightarrow \quad s < c + 2we(k-1)$$

si $c > we(k-1)$ $c + 2we(k-1) < \frac{3}{2}[c + we(k-1)] < 3c$ et donc $s < c + 2we(k-1)$

si $c < we(k-1)$ $3c < \frac{3}{2}[c + we(k-1)] < c + 2we(k-1)$ et donc $s < 3c$

2ème condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3[c + we(k-1)] - 2s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3c$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3[c + we(k-1)] - 2s}{-3c + s} > 1 \quad \Leftrightarrow \quad s < 2c + we(k-1)$$

La 2^{ème} condition est vérifiée si $c < we(k-1)$. Or pour $c < we(k-1)$, on a $3c < 2c + we(k-1) < \frac{3}{2}[c + we(k-1)]$ et donc $3c < s < 2c + we(k-1)$.

Lissage complet de la production pour $k \leq \frac{3}{2}$

Si $c < we(k-1)$ et $s < 2c + we(k-1)$
 Ou si $c > we(k-1)$ et $s < c + 2we(k-1)$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production la plus basse de l'année (Q_1). Elle produira exactement la même quantité au cours des trois périodes, à savoir la moyenne des ventes de l'année $Q_1=Q_2=Q_3=(V_1+V_2+V_3)/3$. Elle fixera dans ce cas sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_1 , Q_2 et Q_3 (i.e. $(V_1+V_2+V_3)/3$). Elle stockera donc au cours de la première période $(V_1+V_2+V_3)/3-V_1$. Au cours de la deuxième période selon que V_2 soit inférieure ou supérieure à $(V_1+V_2+V_3)/3$ ¹¹², elle continuera de stocker ou commencera à déstocker la quantité $(V_1+V_2+V_3)/3-V_2$. Et au cours de la troisième période, elle déstockera toute la quantité qui lui reste en stock (i.e. $(V_1+V_2+V_3)/3-V_3$). La quantité totale stockée au cours de l'année sera donc égale à $2S_1+S_2 = V_3-V_1$. Et l'effectif permanent permettant de satisfaire à la fois Q_1 , Q_2 et Q_3 , l'entreprise ne le paiera pas à ne rien faire et n'aura pas besoin d'utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire.

Si $1.5 \leq k \leq 3$

1ère condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3c - 2s + kwe > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3c + kwe}{2}$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c + we(2k - 3) - s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3c + we(2k - 3)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = \frac{3c - 2s + kwe}{3c + we(2k - 3) - s} > \frac{1}{2} \quad \Leftrightarrow \quad s < c + we$$

Si $c < we(2-k)$ $3c + we(2k-3) < \frac{3c+kwe}{2} < c+we$ et donc $s < 3c + we(2k-3)$

Si $c > we(2-k)$ $c + we < \frac{3c+kwe}{2} < 3c + we(2k-3)$ et donc $s < c + we$

2ème condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3c - 2s + kwe > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3c + kwe}{2}$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3c + we(2k - 3) - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3c + we(2k - 3)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = \frac{3c - 2s + kwe}{-3c - we(2k - 3) + s} > 1 \quad \Leftrightarrow \quad s < 2c + we(k - 1)$$

¹¹² Ou pour le dire autrement, selon que V_2 soit inférieure ou supérieure à $(V_1+V_3)/2$

La 2^{ème} condition est vérifiée si $c < we(2-k)$. Or pour $c < we(2-k)$, on a $3c + we(2k-3) < 2c + we(k-1) < \frac{3c+kwe}{2}$ et donc $3c + we(2k-3) < s < 2c + we(k-1)$

Lissage complet de la production pour $k \in \left[\frac{3}{2}, 3\right]$

	Si	$c < we(2-k)$	et	$s < 2c + we(k-1)$
	Ou si	$c > we(2-k)$	et	$s < c + we$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production de la deuxième période (Q_2). Mais comme elle produira exactement la même quantité au cours des trois périodes, à savoir la moyenne des ventes de l'année $Q_1=Q_2=Q_3=(V_1+V_2+V_3)/3$, on retrouve les mêmes résultats que précédemment.

Elle fixera sa capacité de production (Q^*) de telle sorte qu'elle satisfasse Q_1 , Q_2 et Q_3 (i.e. $(V_1+V_2+V_3)/3$). Elle stockera donc au cours de la première période $(V_1+V_2+V_3)/3-V_1$. Au cours de la deuxième période selon que V_2 soit inférieure ou supérieure à $(V_1+V_2+V_3)/3$ ¹¹³, elle continuera de stocker ou commencera à déstocker la quantité $(V_1+V_2+V_3)/3-V_2$. Et au cours de la troisième période, elle déstockera toute la quantité qui lui reste en stock (i.e. $(V_1+V_2+V_3)/3-V_3$). La quantité totale stockée au cours de l'année sera donc égale à $2S_1+S_2 = V_3-V_1$. Et l'effectif permanent permettant de satisfaire à la fois Q_1 , Q_2 et Q_3 , l'entreprise ne le paiera pas à ne rien faire et n'aura pas besoin d'utiliser de la main-d'œuvre supplémentaire.

Si $k \geq 3$

1ère condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3(c+we) - 2s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3}{2}(c+we)$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3(c+we) - s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < 3(c+we)$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3(c+we) - 2s}{3(c+we) - s} > \frac{1}{2} \quad \Leftrightarrow \quad s < c + we$$

La 1^{ère} condition est vérifiée si $s < c + we$

2ème condition :

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_1} = 3(c+we) - 2s > 0 \quad \Leftrightarrow \quad s < \frac{3}{2}(c+we)$$

¹¹³ Ou pour le dire autrement, selon que V_2 soit inférieure ou supérieure à $(V_1+V_3)/2$

$$\frac{\delta\pi}{\delta S_2} = 3(c+we) - s < 0 \quad \Leftrightarrow \quad s > 3(c+we)$$

$$\frac{\frac{\delta\pi}{\delta S_1}}{\frac{\delta\pi}{\delta S_2}} = \frac{3(c+we) - 2s}{-3(c+we) + s} > 1 \quad \Leftrightarrow \quad s < 2(c+we)$$

Impossible. La deuxième condition n'est jamais vérifiée.

Lissage complet de la production pour $k \geq 3$

si $c > we(2-k)$ et $s < c+we$

L'entreprise fixera son niveau d'effectif permanent tel qu'il satisfasse la production la plus haute de l'année (Q_3). Mais comme elle produira exactement la même quantité au cours des trois périodes, à savoir la moyenne des ventes de l'année $Q_1=Q_2=Q_3=(V_1+V_2+V_3)/3$, on retrouve encore une fois les mêmes résultats que précédemment.

L'étude des conditions d'optimalité des différents programmes de production permet donc de délimiter 15 situations conditionnées par les valeurs des différents paramètres du problème. Ces situations sont optimales pour les schémas de ventes 1, 2 et 3 avec stockage lorsque le programme de vente est de type croissant, mais également pour les schémas 4, 5 et 6 avec report de demande lorsque le programme de vente est de type décroissant, grâce à la symétrie des programmes de production que nous avons mise en évidence dans le premier point.

Nous avons récapitulé ces situations dans le tableau 5.2.

Tableau 5.2. Programme de production

Programme de production dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage ou décroissant avec report de demande				
k faible $k < 3/2$	$c < we(k-1)$	<p>s ou $r < 2c + we(k-1)$ Lissage complet de la production Stockage/Report = $V_{sup} - V_{inf}$ $Q^* = Q_{inf} = Q_{méd} = Q_{sup} = (V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ $E = e(V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0</p>	<p>$2c + we(k-1) < s$ ou $r < 3we(k-1)$ Lissage de la production sur les 2 périodes les plus basses Stockage/Report = $(V_{méd} - V_{inf})/2$ $Q_{inf} = Q_{méd} = (V_{inf} + V_{méd})/2$ $Q^* = Q_{sup} = V_{sup}$ $E = e(V_{inf} + V_{méd})/2$ MO temp = $V_{sup} - (V_{inf} + V_{méd})/2$ E à rien faire = 0</p>	<p>s ou $r > 3we(k-1)$ Pas de lissage de la production Stockage/Report = 0 $Q_{inf} = V_{inf}; Q_{méd} = V_{méd}$ $Q^* = Q_{sup} = V_{sup}$ $E = eV_{inf}$ MO temporaire = $V_{sup} + V_{méd} - 2V_{inf}$ E à rien faire = 0</p>
	$c > we(k-1)$	<p>s ou $r < c + 2we(k-1)$ Lissage complet de la production Stockage/Report = $V_{sup} - V_{inf}$ $Q^* = Q_{inf} = Q_{méd} = Q_{sup} = (V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ $E = e(V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0</p>	<p>$c + 2we(k-1) < s$ ou $r < 3c$ Lissage de la production sur les 2 périodes les plus hautes Stockage/Report = $(V_{sup} - V_{méd})/2$ $Q_{inf} = V_{inf}$ $Q^* = Q_{méd} = Q_{sup} = (V_{méd} + V_{sup})/2$ $E = eV_{inf}$ MO temporaire = $V_{méd} + V_{sup} - 2V_{inf}$ E à rien faire = 0</p>	<p>s ou $r > 3c$ Pas de lissage de la production Stockage/Report = 0 $Q_{inf} = V_{inf}; Q_{méd} = V_{méd}$ $Q^* = Q_{sup} = V_{sup}$ $E = eV_{inf}$ MO temporaire = $V_{sup} + V_{méd} - 2V_{inf}$ E à rien faire = 0</p>
k moyen $3/2 < k < 3$	$c < we(2-k)$	<p>s ou $r < 2c + we(k-1)$ Lissage complet de la production Stockage/Report = $V_{sup} - V_{inf}$ $Q^* = Q_{inf} = Q_{méd} = Q_{sup} = (V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ $E = e(V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0</p>	<p>$2c + we(k-1) < s$ ou $r < we(3-k)$ Lissage de la production sur les 2 périodes les plus basses Stockage/Report = $(V_{méd} - V_{inf})/2$ $Q_{inf} = Q_{méd} = (V_{inf} + V_{méd})/2$ $Q^* = Q_{sup} = V_{sup}$ $E = e(V_{inf} + V_{méd})/2$ MO temp = $V_{sup} - (V_{inf} + V_{méd})/2$ E à rien faire = 0</p>	<p>s ou $r > we(3-k)$ Pas de lissage de la production Stockage/Report = 0 $Q_{inf} = V_{inf}; Q_{méd} = V_{méd}$ $Q^* = Q_{sup} = V_{sup}$ $E = eV_{méd}$ MO temporaire = $V_{sup} - V_{méd}$ E à rien faire = $V_{méd} - V_{inf}$</p>

Programme de production dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage ou décroissant avec report de demande (suite)				
k moyen $3/2 < k < 3$	$c > we(2-k)$	<p style="text-align: center;">s ou $r < c+we$</p> <p style="text-align: center;"><i>Lissage complet de la production</i></p> <p>Stockage/Report = $V_{sup} - V_{inf}$ $Q^* = Q_{inf} = Q_{méd} = Q_{sup} = (V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ $E = e(V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0</p>	<p style="text-align: center;">$c+we < s$ ou $r < 3c-3we+2kwe$</p> <p style="text-align: center;"><i>Lissage de la production sur les 2 périodes les plus hautes</i></p> <p>Stockage/Report = $(V_{sup} - V_{méd})/2$ $Q_{inf} = V_{inf}$ $Q^* = Q_{méd} = Q_{sup} = (V_{méd} + V_{sup})/2$ $E = e(V_{méd} + V_{sup})/2$ MO temporaire = 0 E à rien faire = $(V_{méd} + V_{sup})/2 - V_{inf}$</p>	<p style="text-align: center;">s ou $r > 3c-3we+2kwe$</p> <p style="text-align: center;"><i>Pas de lissage de la production</i></p> <p>Stockage/Report = 0 $Q_{inf} = V_{inf}; Q_{méd} = V_{méd}$ $Q^* = Q_{sup} = V_{sup}$ $E = eV_{méd}$ MO temporaire = $V_{sup} - V_{méd}$ E à rien faire = $V_{méd} - V_{inf}$</p>
		<p style="text-align: center;">s ou $r < c+we$</p> <p style="text-align: center;"><i>Lissage complet de la production</i></p> <p>Stockage/Report = $V_{sup} - V_{inf}$ $Q^* = Q_{inf} = Q_{méd} = Q_{sup} = (V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ $E = e(V_{inf} + V_{méd} + V_{sup})/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0</p>	<p style="text-align: center;">$c+we < s$ ou $r < 3(c+we)$</p> <p style="text-align: center;"><i>Lissage de la production sur les 2 périodes les plus hautes</i></p> <p>Stockage/Report = $(V_{sup} - V_{méd})/2$ $Q_{inf} = V_{inf}$ $Q^* = Q_{méd} = Q_{sup} = (V_{méd} + V_{sup})/2$ $E = e(V_{méd} + V_{sup})/2$ MO temporaire = 0 E à rien faire = $(V_{méd} + V_{sup})/2 - V_{inf}$</p>	<p style="text-align: center;">s ou $r > 3(c+we)$</p> <p style="text-align: center;"><i>Pas de lissage de la production</i></p> <p>Stockage/Report = 0 $Q_{inf} = V_{inf}; Q_{méd} = V_{méd}$ $Q^* = Q_{sup} = V_{sup}$ $E = eV_{sup}$ MO temporaire = 0 E à rien faire = $2V_{sup} - V_{méd} - V_{inf}$</p>

Stockage/Report = quantité totale stockée ou reportée ; Q^* = capacité de production ; Q_{inf} = quantité produite au cours de la période basse ; $Q_{méd}$ = quantité produite au cours de la période intermédiaire ; Q_{sup} = quantité produite au cours de la période haute ; E = quantité produite par l'effectif permanent à chaque sous-période ; MO temporaire = quantité totale produite par la main-d'œuvre "supplémentaire" ; E à rien faire = quantité totale "supplémentaire" qu'aurait pu produire l'effectif permanent sans surcoût de main d'œuvre.

Dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage : $Q_{inf} = Q_1$ = quantité produite au cours de la première sous-période du cycle annuel ; $Q_{méd} = Q_2$ = quantité produite au cours de la deuxième sous-période ; $Q_{sup} = Q_3$ = quantité produite au cours de la troisième sous-période ; $V_{inf} = V_1$ = quantité commercialisée au cours de la première sous-période du cycle annuel ; $V_{méd} = V_2$ = quantité commercialisée au cours de la deuxième sous-période du cycle ; $V_{sup} = V_3$ = quantité commercialisée au cours de la troisième sous-période.

Dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec report de demande : $Q_{inf} = Q_3$ = quantité produite au cours de la troisième sous-période du cycle annuel ; $Q_{méd} = Q_2$ = quantité produite au cours de la deuxième sous-période ; $Q_{sup} = Q_1$ = quantité produite au cours de la première sous-période ; $V_{inf} = V_3$ = quantité commercialisée au cours de la troisième sous-période du cycle annuel ; $V_{méd} = V_2$ = quantité commercialisée au cours de la deuxième sous-période du cycle ; $V_{sup} = V_1$ = quantité commercialisée au cours de la première sous-période.

2.2.3. Analyse des déterminants du choix du programme de production

De ces 15 situations, quel que soit le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire", trois stratégies productives se dégagent selon le coût de stockage (ou de report¹¹⁴) : le lissage complet de la production, l'absence de lissage ou le lissage partiel (sur deux périodes).

Si le coût de stockage (ou de report) est faible, l'entreprise utilise le stockage pour lisser sa production, s'il est moyen, elle ne l'utilisera qu'en partie et lissera ainsi partiellement sa production et s'il est élevé, l'entreprise n'utilisera pas cette stratégie. Elle alignera sa production sur les fluctuations de ses ventes.

La stratégie de lissage partiel sera néanmoins différente selon la valeur des coûts fixes de production relativement aux coûts de main-d'œuvre (permanente et temporaire). Ainsi, pour une valeur relativement faible des coûts fixes de production, l'entreprise aura une préférence pour le lissage sur les deux périodes les plus basses et pour des valeurs plus importantes, elle aura une préférence pour le lissage sur les deux périodes les plus hautes, stratégie qui lui permettra de réduire sa capacité de production.

Le choix productif de la firme est donc principalement déterminé par le coût du stockage (ou du report). La notion de coût de stockage (ou de report) "faible, moyen ou élevé" est cependant relative puisque, comme on peut le remarquer, les bornes de coûts de stockage (ou de report) à partir desquelles l'entreprise change de stratégie productive dépendent de deux choses :

- des coûts fixes de production
- du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire

Plus ils seront importants et plus le coût de stockage (ou de report) que la firme est prêt à supporter pour lisser sa production sera élevé. A l'inverse, plus ils seront faibles, moins l'entreprise sera prête à supporter un coût de stockage (ou de report) élevé pour lisser sa production.

On voit ici ce qu'un assouplissement de la législation sur le coût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire" peut avoir comme conséquence sur le

¹¹⁴ Rappelons en effet que la résolution du problème avec stockage face à un programme de vente croissant donne la solution du problème avec report dans le cas d'un programme de vente décroissant.

choix productif de la firme : diminution des bornes de stockage à partir desquelles l'entreprise passe d'une stratégie productive à une autre, ce qui augmente la probabilité que l'entreprise fasse varier sa production et donc le risque que son choix productif se déplace vers une situation de moindre lissage.

Le choix de la firme de lisser totalement, partiellement ou pas du tout sa production dépend donc de la part des coûts fixes dans le coût total de production¹¹⁵ et du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire. Il ne dépend, par contre, absolument pas de l'écart entre V_{inf} , $V_{méd}$ et V_{sup} . L'ampleur des fluctuations de ventes n'influence donc pas le choix productif de la firme. Elle influence par contre le recours que la firme aura dans chacune des modalités d'adaptation et donc la dépense supplémentaire qu'implique le fait de voir ses quantités commercialisées fluctuer au cours du temps.

En effet, si la firme décide de lisser complètement sa production, elle stockera (ou reportera) sur l'année une quantité totale égale à $V_{sup} - V_{inf}$. Plus l'écart entre ces quantités commercialisées sera élevé, plus le coût de stockage qu'elle devra supporter pour lisser sa production le sera également.

De même, si l'entreprise décide de faire suivre à sa production les variations des quantités commercialisées, plus la quantité à vendre de période haute sera élevée, plus l'entreprise devra fixer sa capacité de production à un niveau élevé. Sans compter les surcoûts de main-d'œuvre comparativement à une situation où l'entreprise ne paierait que les heures nécessaires au taux uniforme w que nous avons mises en évidence dans le premier paragraphe qui seront selon le surcoût de la main-d'œuvre supplémentaire égaux à :

$$\frac{(k-1)(V_{méd} + V_{sup} - 2V_{inf})}{V_{inf} + V_{méd} + V_{sup}} \quad \text{si } k \leq 1.5$$
$$\frac{(V_{méd} - V_{inf})(k-1)(V_{sup} - V_{méd})}{V_{inf} + V_{méd} + V_{sup}} \quad \text{si } 1.5 \leq k \leq 3$$
$$\frac{2V_{sup} - (V_{inf} + V_{méd})}{V_{inf} + V_{méd} + V_{sup}} \quad \text{si } k \geq 3$$

¹¹⁵ Il dépend donc également a fortiori de la part des coûts variables dans le coût total de production

Ainsi, si un changement dans l'ampleur des fluctuations de ventes ne va pas modifier le choix de la firme en terme de production, il influencera assurément le recours dans l'utilisation des modalités d'adaptation :

- augmentation de la quantité totale stockée ou reportée sur l'année si l'entreprise lisse complètement sa production,
- augmentation de la capacité de production et du niveau des effectifs (permanent et/ou temporaire selon la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire) si l'entreprise ne lisse pas sa production.

Décomposition du coût de production

Le choix productif des firmes est donc, d'après notre analyse, fortement conditionné par le poids des différents coûts qui composent le coût de production. La combinaison des possibles est ici très élevée et il vaut mieux se limiter à examiner des cas correspondants à des valeurs "typiques" de ces poids. Pour ce faire, nous avons utilisé les données des comptes d'exploitation de l'économie française¹¹⁶ qui permet de calculer ces poids pour les différents secteurs de l'économie. Ils sont repris dans le tableau 5.3. ci-dessous.

Tableau 5.3.
Parts des coûts fixes, des coûts variables et des coûts de main d'œuvre dans le coût de production

Branche d'activité	Part des coûts fixes	Part des coûts variables	Part des coûts de main d'œuvre
<i>Industrie agricole et alimentaire</i>	6.5%	80.5%	13%
<i>Industrie des biens de consommation</i>	6.4%	72.3%	21.3%
<i>Industrie automobile</i>	6.7%	82.0%	11.3%
<i>Industrie des biens d'équipement</i>	4.8%	71.4%	23.8%
<i>Industrie des biens intermédiaires</i>	6.4%	72.3%	21.3%
<i>Energie</i>	23.1%	61.5%	15.4%
<i>Construction</i>	6.3%	62.3%	31.4%
<i>Commerce</i>	2.9%	87.6%	9.2%
<i>Transport</i>	14.3%	57.1%	28.6%
<i>Services aux entreprises</i>	24.2%	45.4%	30.4%
<i>Services aux particuliers</i>	14.3%	57.1%	28.6%
<i>Education, Santé, Action sociale</i>	9.1%	45.5%	45.4%

¹¹⁶ de 1998

La part des coûts fixes, variables et de main-d'œuvre dans le coût de production est très hétérogène d'une branche d'activité à l'autre. On peut donc s'attendre à des choix stratégiques en matière de production assez diversifiés¹¹⁷.

On peut néanmoins distinguer 3 catégories de secteurs :

- les secteurs pour lesquelles la part des coûts variables est relativement faible (inférieure à 50% du coût de production) : éducation, santé, action sociale, services aux entreprises. Ces secteurs se caractérisent par un taux de capital humain assez important et également parfois par des coûts fixes de production non négligeables.
- les secteurs où la part des coûts variables est intermédiaire (représentant de la moitié au 2/3 du coût de production) : transport, services aux particuliers, énergie, construction
- les secteurs dont la part des coûts variables très élevés (supérieure à 2/3 du coût de production) : l'ensemble des industries, le commerce.

Sur la base du constat que nous avons mis en évidence concernant le choix productif des firmes, on peut donc s'attendre à ce que les entreprises industrielles et de commerce aient, toutes autres choses égales par ailleurs, une probabilité plus faible de lisser leur production que les entreprises de transport, de services aux particuliers, de l'énergie ou encore de la construction qui auront, elles-mêmes, une probabilité plus faible de lisser leur production que les entreprises de l'éducation, la santé, l'action sociale et du services aux entreprises.

Choix productif des entreprises

Pour préciser ce point, nous avons calculé pour chacun de ces secteurs le coût mensuel de stockage (exprimé en % du coût unitaire de production) à partir duquel l'entreprise change de stratégie productive et ce pour différents surcoûts d'utilisation d'une main-d'œuvre temporaire (Cf. tableau ci-dessous).

¹¹⁷ Une telle diversité à ce niveau d'agrégation peut bien évidemment cacher des situations encore plus contrastées au niveau microéconomique.

Tableau 5.4.
Coût mensuel de stockage (ou de report)
à partir duquel l'entreprise change de stratégie productive
(coût exprimé en % du coût de production¹¹⁸)

	Surcoût de MO temporaire	Lissage complet à lissage partiel			Lissage partiel à absence de lissage		
		$k=1$	$k=1.5$	$k=3$	$k=1$	$k=1.5$	$k=3$
Secteurs à forts coûts variables	Commerce	0,7%	2,6%	3,1%	2,2%	3,6%	9,3%
	Industrie automobile	1,7%	4,5%	4,5%	5,1%	5,1%	13,5%
	Industrie agricole	1,6%	4,9%	4,9%	4,9%	4,9%	14,6%
	Industrie des biens de consommation, industrie des biens intermédiaires	1,6%	5,9%	6,9%	4,8%	8,0%	20,8%
	Industrie des biens d'équipement	1,2%	5,4%	7,2%	3,6%	8,9%	21,4%
Secteurs à coûts variables intermédiaires	Construction	1,6%	7,0%	9,4%	4,7%	11,7%	28,1%
	Energie	5,8%	9,6%	9,6%	17,3%	17,3%	28,9%
	Transport, services aux particuliers	3,6%	10,7%	10,7%	10,7%	10,7%	32,2%
Secteurs à faibles coûts variables	Education, Santé, Action sociale	2,3%	10,2%	13,6%	6,8%	17,1%	40,9%
	Services aux entreprises	6,1%	13,6%	13,6%	18,2%	18,2%	40,9%

Les chiffres de la colonne "lissage complet à lissage partiel" représentent, pour un surcoût de main-d'œuvre "supplémentaire" donné, le coût mensuel de stockage maximum qu'est prête à supporter la firme ou le rabais de prix maximum qu'elle est prête à consentir (dans le cas de report de demande) pour lisser complètement sa production. Quant aux chiffres de la colonne "lissage partiel à absence de lissage", ils représentent le coût mensuel de stockage (ou de report) maximum qu'elle est prête à supporter pour lisser au moins partiellement sa production.

Prenons l'exemple d'une industrie de biens d'équipement : lorsque le surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre temporaire est de 1.5, le coût de stockage (ou de report) qu'une firme de la branche "industrie des biens d'équipement" est prête à supporter pour lisser totalement sa production est de 5.4% et le coût de stockage (ou de report) qu'elle est prête à supporter pour lisser partiellement sa production est de 8.9%. Ainsi, pour un coût de stockage (ou de report) inférieur à 5.4%, elle lissera totalement sa production, pour un coût de stockage (ou de report) compris entre 5.4% et 8.9%, elle lissera partiellement sa production et

¹¹⁸ le coût unitaire de production retenu ici correspond à une situation sans surcoût de main-d'œuvre et est donc égal à $c + a + we$.

pour un coût de stockage (ou de report) supérieur à 8.9%, elle ne lissera pas du tout sa production .

Nous avons, dans le tableau 5.4., classé les secteurs en fonction des trois catégories définies précédemment : les secteurs à forts coûts variables, les secteurs à coûts variables intermédiaires et les secteurs à faibles coûts variables. On trouve les résultats attendus : les branches d'activité pour lesquelles la part des coûts variables dans le coût total de production est très importante ne sont pas prêtes à payer un coût de stockage (ou de report) élevé pour lisser ne serait-ce que partiellement leur production¹¹⁹.

Le choix productif de la firme dépend de l'écart entre le coût de stockage ou de report que la firme est prête à supporter pour lisser sa production et le coût réel d'utilisation de ces deux modalités d'adaptation. Il faut donc distinguer les activités correspondant à des produits stockables (au moins partiellement) des activités dont la stockabilité des produits peut être discutée. Dans la première catégorie, on trouve l'ensemble des industries et l'énergie (secteur pour lequel la stockabilité est néanmoins plus difficile). Dans la deuxième catégorie, se classent tous les autres secteurs : la construction, le transport, le commerce, les services aux particuliers et les services aux entreprises (dont l'activité est tout de même très hétérogène). Néanmoins, même si la production n'est pas stockable, l'entreprise peut être incitée à trouver un arrangement avec ses clients de façon à reporter la demande de la période haute vers la période basse.

Les colonnes "k=1.5" et "k=3" de chaque partie du tableau permettent de distinguer les activités pour lesquelles le lissage de la production est extrêmement probable dans des conditions où il y a certaines "rigidités" dans l'emploi (situation où le surcoût de main-d'œuvre est relativement élevé). En fait, toutes les activités en dehors du commerce (pour lequel seul le report est envisageable) sont dans ce cas, mais certaines tout de même moins que les autres (les industries agricole et alimentaire, l'industrie automobile) et d'autres beaucoup plus (l'énergie dont la stockabilité est très partielle et le report de demande difficile, les services aux entreprises)

¹¹⁹ et ce d'autant plus que le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire" est faible

On comprend dès lors mieux la raison pour laquelle les entreprises du commerce sont sujettes aux fluctuations d'activité. Selon le bien produit, le rabais de prix exigé par le client pour attendre peut être très largement supérieur à celui qu'est prêt à supporter la firme. On pense ici aux boulangeries (le client n'est pas prêt à attendre trois mois sa baguette !), aux bar-tabac ou encore aux restaurants (attendre qu'une table se libère, oui mais un quart d'heure pas trois jours...!). Pour ce type de commerce, le rabais de prix que doit consentir la firme pour préserver sa demande est très largement supérieur à 9.3% de sorte que ces entreprises ne lisseront pas leur production. Elles s'adapteront aux quantités commercialisées. Coiffeurs, garagistes seront par contre moins soumis à ces contraintes dans la mesure où le rabais de prix demandé par les clients pour voir leur demande reportée est généralement beaucoup plus faible (souvent nul). Elles lisseront alors plus facilement, au moins partiellement, leur production.

Il n'est pas non plus étonnant d'entendre parler dans le secteur automobile du "zéro stock" ou du "juste à temps" ! On peut en effet légitimement penser que le coût de stockage est beaucoup plus prohibitif que celui que la firme est prête à supporter dans ce type d'industrie et qu'il est dès lors plus intéressant pour elle de ne pas stocker. Il n'est par contre pas inenvisageable que le rabais de prix demandé par les clients pour attendre n'excède pas 5%, le lissage de la production (au moins partiel) via le report de demande est alors possible et d'ailleurs mis en œuvre dans ce type d'industrie.

Les colonnes "k=1" indiquent ce qui se passe lorsque disparaissent toutes rigidités dans l'emploi de la main-d'œuvre (de sorte que le surcoût de la main-d'œuvre supplémentaire est nul). On observe une très forte diminution des bornes à partir desquelles la firme lisse complètement sa production. L'influence d'une baisse des coûts de main-d'œuvre via une baisse du surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre temporaire sur le choix productif de la firme est très nette. Plus ce dernier est faible, et plus le coût de stockage ou de report que la firme est prête à supporter pour lisser sa production – quelle que soit sa branche d'activité – sera faible. Seuls cinq secteurs continuent à avoir des bornes de lissage élevées : les services aux entreprises, l'énergie, le transport, les services aux particuliers, l'éducation, la santé et l'action sociale.

De cette analyse se déduisent alors aisément les raisons qui peuvent pousser une firme à changer de stratégie productive. Elles proviennent de trois origines distinctes :

- un changement de la part des coûts variables dans le coût total de production¹²⁰
- un changement du coût réel de stockage ou de report
- une modification du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire

On commence ainsi à voir émerger un scénario qui expliquerait, à ce stade, le basculement d'un régime d'absorption des fluctuations saisonnières à l'autre : une diminution du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre temporaire combinée à une augmentation du coût du stockage ou du report de demande.

2.3. Choix productif de la firme face à un programme de vente de type décroissant avec stockage

La démarche à suivre pour trouver le choix productif optimal d'une firme lorsque le programme de vente est de type décroissant avec stockage est similaire à celle employée dans le cas d'un programme de vente de type croissant. Le domaine des points candidats à l'optimum étant différent de celui d'un programme de vente de type croissant, nous le définirons dans un premier temps. Nous épargnerons par contre au lecteur les calculs permettant de trouver les conditions d'optimalité de chacun de ces points candidats – la méthode mise en œuvre étant identique à celle que nous avons détaillée dans le point précédent¹²¹. Nous présenterons directement, dans un deuxième temps, le programme de production optimal de la firme et analyserons alors si les déterminants du choix productif de la firme sont différents que ceux que nous avons décelés dans le point précédent.

¹²⁰ On peut ici noter les conséquences du choix de la firme d'externaliser une partie de sa production : augmentation de la part des coûts variables de production (et donc réduction de la part des coûts fixes et de main d'œuvre). Cela augmente ainsi le coût de stockage ou de report que la firme est prête à supporter et diminue donc la probabilité qu'elle lisse sa production. Une firme utilisant ce type de procédé aura ainsi plus de chance de faire varier sa production pour suivre les variations des quantités commercialisées.

¹²¹ L'étude des conditions d'optimalité de chaque point candidat sera néanmoins présentée en annexes afin que le lecteur puisse s'y référer s'il le souhaite.

2.3.1. Définition et caractérisation du domaine des points candidats à l'optimum

Définition du domaine

Nous avons montré – proposition 5 – que, dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec possibilité de stockage, l'entreprise a toujours intérêt à produire plus en première période qu'en troisième ($Q_1 \geq Q_3$). La première contrainte concernant le stockage est donc la suivante:

$$(1) \quad S_2 + 2S_3 \leq V_1 - V_3$$

V_3 étant la quantité minimale vendue par la firme, la variation de stock au cours de la troisième période sera forcément positive ou nulle :

$$(2) \quad S_3 \geq 0$$

En deuxième période l'entreprise peut commencer à stocker ou finir de déstocker la quantité mise en stock au cours de la troisième période ($S_2 < 0$). Cependant, comme elle ne stocke pas au cours de la première période, si elle déstocke en deuxième période, elle ne pourra pas déstocker plus que ce qu'elle a mis en stock au cours de la troisième période. Soit la troisième contrainte :

$$(3) \quad S_2 + S_3 \geq 0$$

Enfin, de la proposition 6, nous pouvons déduire deux autres contraintes :

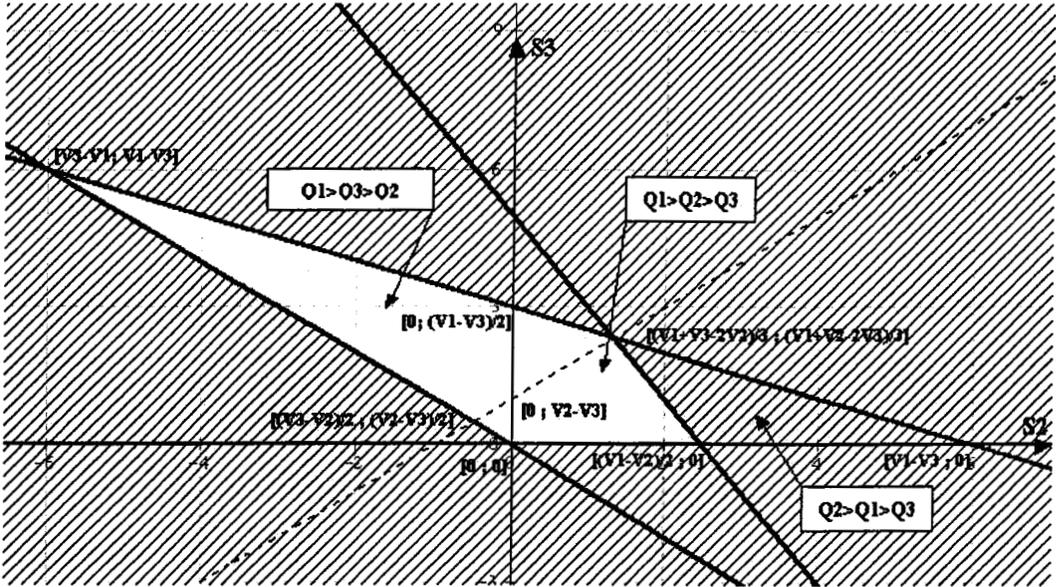
$$(4) \quad \text{Si } v_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2} \quad Q_2 \geq Q_3 \quad \Leftrightarrow \quad S_3 - S_2 \leq V_2 - V_3$$

$$(4') \quad \text{Si } v_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2} \quad Q_1 \geq Q_2 \quad \Leftrightarrow \quad 2S_2 + S_3 \leq V_1 - V_2$$

Ces contraintes déterminent le domaine des points candidats à l'optimum.

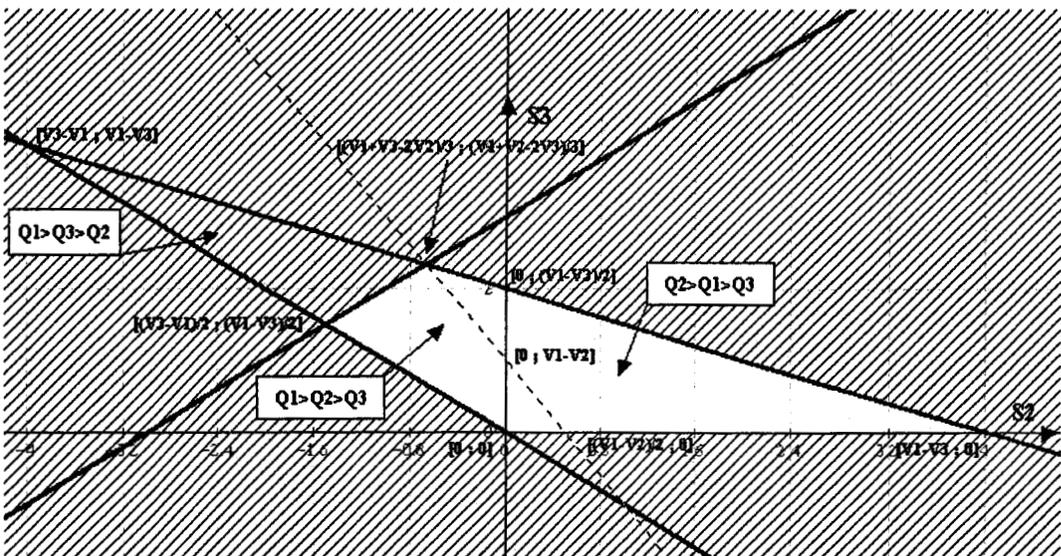
Ainsi, si $v_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$, s'il existe un optimum, il se situera dans le quadrilatère suivant :

Graphique 5.4.
Points candidats à l'optimum dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage lorsque $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$



Si par contre, $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$ alors l'optimum, s'il existe, se situera dans le quadrilatère suivant :

Graphique 5.5.
Points candidats à l'optimum dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage lorsque $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$



Fonction objectif

L'objectif de la firme est toujours de minimiser son coût total de production.

Si l'on appelle Q_{inf} la quantité la plus faible produite au cours des 3 périodes, Q_{med} , la quantité intermédiaire et Q_{sup} , la quantité la plus importante. La capacité de production sera fixée à la quantité maximale produite soit Q_{sup} . Le niveau de main-d'œuvre permanente, quant à lui, sera fixé tel qu'il satisfasse :

- Q_{min} si $k < 1,5$,
- Q_{med} si $k \in [1,5 ; 3[$
- Q_{max} si $k \geq 3$.

Le programme de minimisation que la firme cherche à résoudre selon le coût de la main-d'œuvre temporaire est donc le suivant :

$$\text{pour } k < 1,5, \quad \text{Min CT} = 3cQ_{sup} + a(Q_{inf} + Q_{med} + Q_{sup}) + 3weQ_{inf} + kwe(Q_{sup} + Q_{med} - Q_{inf}) + CS$$

$$\text{Pour } k \in [1,5 ; 3[, \quad \text{Min CT} = 3cQ_{sup} + a(Q_{inf} + Q_{med} + Q_{sup}) + 3weQ_{med} + kwe(Q_{sup} - Q_{med}) + CS$$

$$\text{Pour } k \geq 3, \quad \text{Min CT} = 3cQ_{sup} + a(Q_{inf} + Q_{med} + Q_{sup}) + 3weQ_{sup} + CS$$

Cependant selon que les ventes en deuxième période sont supérieures ou inférieures à la moyenne des ventes des périodes 1 et 3, la fonction objectif sera différente. Nous avons montré – propositions 5 et 6 – que si $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$, les points candidats à l'optimum sont tels que $Q_1 \geq Q_3$ et que $Q_2 \geq Q_3$, et que si $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$, ils sont tels que $Q_1 \geq Q_3$ et que $Q_1 \geq Q_2$. Ils peuvent donc très bien se situer respectivement tels que $Q_1 \geq Q_2$ ou tels que $Q_1 \leq Q_2$ et tels que $Q_2 \geq Q_3$ ou $Q_2 \leq Q_3$.

Nous avons donc un régionnement du domaine des candidats à l'optimum (régions délimitées par la droite en pointillés sur chacun des graphes) duquel va dépendre la capacité de production Q^* mais également la fixation du niveau de main-d'œuvre permanente.

L'écriture de la fonction objectif, et donc le programme d'optimisation, dépendent de la "région" du domaine dans laquelle on se situe, situations récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau 5.5.
Régionnement du domaine des points candidats à l'optimum**

	"Région"	Capacité de production $Q^*=Q_{sup}$	Fixation de l'effectif permanent		
			$k < 1.5$	$1.5 < k < 3$	$k > 3$
Coût de la MO temporaire			Q_{inf}	Q_{med}	Q_{sup}
$V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$	$Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$	Q_2	Q_3	Q_1	Q_2
	$Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$	Q_1	Q_3	Q_2	Q_1
$V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$	$Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$	Q_1	Q_2	Q_3	Q_1
	$Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$	Q_1	Q_3	Q_2	Q_1

Le coût de stockage sera lui aussi différent selon le signe de la variation de stock en deuxième période. En effet, si $S_2 \leq 0$ cela signifie que l'entreprise n'a pas déstocké, au cours de la première période, toute la quantité qu'elle avait stockée en troisième période et qu'elle termine donc de la déstocker en deuxième période, ainsi $S_1 + S_2 = -S_3$.

La quantité stockée en troisième période sera donc égale à la variation de stock de la troisième période ($QS_3 = S_3$). La quantité stockée en première période sera égale à la somme des variations de stock des troisième et première périodes ($QS_1 = S_1 + S_3 = -S_2$ car $S_1 = -S_2 - S_3$) et la quantité stockée en fin de deuxième période sera nulle ($QS_2 = 0$). Le coût total de stockage dans le cas où la variation de stock en deuxième période est négative sera donc égal à :

$$CS = s(S_3 - S_2)$$

Par contre, si $S_2 \geq 0$, l'entreprise stocke en deuxième et en troisième périodes pour tout déstocker en première. La quantité stockée en deuxième période sera dans ce cas égale à la variation de stock de la deuxième période ($QS_2 = S_2$). La quantité stockée en troisième période sera égale à la somme des variations de stock de la deuxième et de la troisième périodes ($QS_3 = S_2 + S_3$). La quantité stockée en première période sera quant à elle nulle ($QS_1 = 0$). Le coût de stockage sera alors égal à :

$$CS = s(2S_2 + S_3)$$

L'écriture du coût total de production diffère ainsi non seulement en fonction des régions précédemment délimitées mais également en fonction de la variation de stock en deuxième période (Cf. annexe 1).

Ce changement dans l'écriture du coût total de production engendre une discontinuité dans les dérivées du coût par rapport aux variations de stock. Il faut donc étudier séparément les candidats à l'optimum selon la région dans laquelle on se situe sans oublier de tenir compte également de la différence de coût de stockage selon que $S_2 \leq 0$ ou $S_2 \geq 0$. Néanmoins, dans chaque région, la fonction objectif et les contraintes formant le domaine des points réalisables sont linéaires : s'il existe un optimum dans la région, il se trouve en un point extrême du domaine.

Caractérisation des points extrêmes

7 points sont dès lors candidats à l'optimum. Parmi ces sept points, cinq sont définis quelle que soit la quantité vendue en deuxième période et deux, en revanche, dépendent de la valeur des ventes de deuxième période relativement à la moyenne des autres.

- les points candidats à l'optimum quelle que soit la quantité vendue en deuxième période

Le premier point candidat

$$\begin{aligned} [1'] \quad S_2 &= 0 \\ S_3 &= 0 \end{aligned}$$

correspond à une **absence de lissage de la production**. L'entreprise produit à chaque période exactement la quantité qu'elle vendra ($Q_1=V_1$, $Q_2=V_2$, $Q_3=V_3$).

Le deuxième point candidat :

$$[2'] \quad S_2 = \frac{V_3 - V_2}{2}$$
$$S_3 = \frac{V_2 - V_3}{2}$$

correspond à un **lissage de la production sur la deuxième et la troisième période**. L'entreprise produit en première période la quantité exacte qu'elle vendra ($Q_1=V_1$), et en deuxième et troisième période elle produit la moyenne des ventes des deux périodes ($Q_2=Q_3=(V_2+V_3)/2$).

Le troisième point candidat :

$$[3'] \quad S_2 = \frac{V_1 + V_3 - 2V_2}{3}$$
$$S_3 = \frac{V_1 + V_2 - 2V_3}{3}$$

correspond à un **lissage complet de la production**. L'entreprise produit à chaque période la moyenne des ventes des trois périodes ($Q_1=Q_2=Q_3=(V_1+V_2+V_3)/3$).

Le quatrième point candidat :

$$[4'] \quad S_2 = \frac{V_1 - V_2}{2}$$
$$S_3 = 0$$

correspond à un **lissage de la production sur la première et la deuxième période**. L'entreprise produit en première et deuxième période la moyenne des ventes de ces deux périodes ($Q_1=Q_2=(V_1+V_2)/2$) et produit en dernière période exactement ce qu'elle vendra ($Q_3=V_3$).

Le cinquième point candidat :

$$[5'] \quad S_2 = 0$$
$$S_3 = \frac{V_1 - V_3}{2}$$

correspond, quant à lui, à un **lissage de la production sur la première et la dernière période**. L'entreprise produit en première et troisième période la moyenne des ventes de ces deux périodes ($Q_1=Q_3=(V_1+V_3)/2$) et produit en deuxième période la quantité exacte qu'elle vendra ($Q_2=V_2$).

2 candidats à l'optimum sont spécifiques à $V_2 < \frac{V_1+V_3}{2}$ et à $V_2 > \frac{V_1+V_3}{2}$

pour $V_2 < \frac{V_1+V_3}{2}$,

Le sixième point candidat à l'optimum:

$$\begin{aligned} [6'] \quad S_2 &= 0 \\ S_3 &= V_2 - V_3 \end{aligned}$$

correspond à un **lissage de la production sur les deux dernières périodes**. Cette fois l'entreprise produira en deuxième et troisième périodes la quantité qu'elle vendra en deuxième ($Q_2=Q_3=V_2$) et elle produira en première période $Q_1=V_1+V_3-V_2$.

Et le septième point candidat :

$$\begin{aligned} [7'] \quad S_2 &= V_3 - V_1 \\ S_3 &= V_1 - V_3 \end{aligned}$$

correspond à une situation de **lissage de la production sur la première et la dernière période**. L'entreprise produit en première et en troisième période la quantité qu'elle vendra en période 1 ($Q_1=Q_3=V_1$) et en deuxième période, elle produit $Q_2=V_2+V_3-V_1$.

Pour $V_2 > \frac{V_1+V_3}{2}$,

Le sixième point candidat :

$$\begin{aligned} [6''] \quad S_2 &= 0 \\ S_3 &= V_1 - V_2 \end{aligned}$$

correspond à un **lissage de la production sur les deux premières périodes**. L'entreprise produit au cours de chacune de ces deux périodes la quantité qu'elle vendra en période 2 ($Q_1=Q_2=V_2$) et produit en troisième période $Q_3=V_1+V_3-V_2$.

Enfin le septième point candidat :

$$\begin{aligned} [7''] \quad S_2 &= V_1 - V_3 \\ S_3 &= 0 \end{aligned}$$

correspond à un **lissage de la production sur la première et la dernière périodes**. L'entreprise produit au cours de chacune de ces périodes la quantité vendue en troisième période ($Q_1=Q_3=V_3$) et produit en deuxième période $Q_2=V_1+V_2-V_3$.

2.3.2. Examen du programme optimal et analyse de ses déterminants

L'étude des conditions d'optimalité (Cf. annexe 2) conduit à écarter les points [2'], [4'], [7'] et [7''] comme candidats à l'optimum et la résolution de ces conditions pour les points restants permet de trouver le programme de production que la firme mettra en œuvre selon le cas dans lequel elle se situe (Cf. annexe 3). Ce programme de production sera donc valable pour les schémas de ventes 4, 5 et 6 avec possibilité de stockage. Les différentes situations sont récapitulées dans le tableau suivant.

Tableau 5.6. Programme de production

Programme de production dans le cas d'un programme de vente de type décroissant de stockage					
k faible k<3/2	$V_2 < (V_1 + V_3)/2$ $c < we(k-1)$	$s < 2c + we(k-1)$ Lissage complet Stockage = $V_1 - V_2$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = Q_3$ $= (V_1 + V_2 + V_3)/3$ $E = e(V_1 + V_2 + V_3)/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0	$2c + we(k-1) < s < 3[c + we(k-1)]$ Lissage sur les 2 dernières périodes Stockage = $V_2 - V_3$ $Q^* = Q_1 = V_1 + V_3 - V_2$ $Q_2 = Q_3 = V_2$ $E = eV_2$ MO temporaire = $V_1 + V_3 - 2V_2$ E à rien faire = 0	$s > 3[c + we(k-1)]$ Pas de lissage Stockage = 0 $Q^* = Q_1 = V_1; Q_2 = V_2; Q_3 = V_3$ $E = eV_3$ MO temporaire = $V_1 + V_2 - 2V_3$ E à rien faire = 0	
	$V_2 < (V_1 + V_3)/2$ $c > we(k-1)$	$s < c + 2we(k-1)$ Lissage complet Stockage = $V_1 - V_2$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = Q_3$ $= (V_1 + V_2 + V_3)/3$ $E = e(V_1 + V_2 + V_3)/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0	$c + 2we(k-1) < s < 3c$ Lissage sur la première et la dernière périodes Stockage = $(V_1 - V_3)/2$ $Q^* = Q_1 = Q_3 = (V_1 + V_3)/2$ $Q_2 = V_2$ $E = eV_2$ MO temporaire = $V_1 + V_3 - 2V_2$ E à rien faire = 0	$3c < s < 3[c + we(k-1)]$ Lissage sur les 2 dernières périodes Stockage = $V_2 - V_3$ $Q^* = Q_1 = V_1 + V_3 - V_2$ $Q_2 = Q_3 = V_2$ $E = eV_2$ MO temporaire = $V_1 + V_3 - 2V_2$ E à rien faire = 0	$s > 3[c + we(k-1)]$ Pas de lissage Stockage = 0 $Q^* = Q_1 = V_1; Q_2 = V_2; Q_3 = V_3$ $E = eV_3$ MO temporaire = $V_1 + V_2 - 2V_3$ E à rien faire = 0
	$V_2 > (V_1 + V_3)/2$ $c < we(k-1)$	$s < 2c + we(k-1)$ Lissage complet Stockage = $V_2 - V_3$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = Q_3$ $= (V_1 + V_2 + V_3)/3$ $E = e(V_1 + V_2 + V_3)/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0	$2c + we(k-1) < s < 3we(k-1)$ Lissage sur la première et la dernière périodes Stockage = $(V_1 - V_3)/2$ $Q_1 = Q_3 = (V_1 + V_3)/2$ $Q^* = Q_2 = V_2$ $E = e(V_1 + V_3)/2$ MO temporaire = $V_2 - (V_1 + V_3)/2$ E à rien faire = 0	$3we(k-1) < s < 3[c + we(k-1)]$ Lissage sur les 2 premières périodes Stockage = $V_1 - V_2$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = V_2$ $Q_3 = V_3 + V_1 - V_2$ $E = e(V_3 + V_1 - V_2)$ MO temporaire = $4V_2 - 2V_3 - 2V_1$ E à rien faire = 0	$s > 3[c + we(k-1)]$ Pas de lissage Stockage = 0 $Q^* = Q_1 = V_1; Q_2 = V_2; Q_3 = V_3$ $E = eV_3$ MO temporaire = $V_1 + V_2 - 2V_3$ E à rien faire = 0

Programme de production dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage (suite)					
k faible $k < 3/2$	$V_2 > (V_1 + V_3)/2$ $c > we(k-1)$	$s < c + 2we(k-1)$ Lissage complet Stockage = $V_2 - V_3$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = Q_3$ $= (V_1 + V_2 + V_3)/3$ $E = e(V_1 + V_2 + V_3)/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0	$c + 2we(k-1) < s < 3[c + we(k-1)]$ Lissage sur les 2 premières périodes Stockage = $V_1 - V_2$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = V_2$ $Q_3 = V_3 + V_1 - V_2$ $E = e(V_3 + V_1 - V_2)$ MO temp = $4V_2 - 2V_3 - 2V_1$ E à rien faire = 0		$s > 3[c + we(k-1)]$ Pas de lissage Stockage = 0 $Q^* = Q_1 = V_1; Q_2 = V_2; Q_3 = V_3$ $E = eV_3$ MO temp = $V_1 + V_2 - 2V_3$ E à rien faire = 0
		k moyen $3/2 < k < 3$	$V_2 < (V_1 + V_3)/2$ $c < we(2-k)$	$s < 2c + we(k-1)$ Lissage complet Stockage = $V_1 - V_2$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = Q_3$ $= (V_1 + V_2 + V_3)/3$ $E = e(V_1 + V_2 + V_3)/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0	$2c + we(k-1) < s < 3c + kwe$ Lissage sur les 2 dernières périodes Stockage = $V_2 - V_3$ $Q^* = Q_1 = V_1 + V_3 - V_2$ $Q_2 = Q_3 = V_2$ $E = eV_2$ MO temp = $V_1 + V_3 - 2V_2$ E à rien faire = 0
$V_2 < (V_1 + V_3)/2$ $c > we(2-k)$	$s < c + we$ Lissage complet Stockage = $V_1 - V_2$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = Q_3$ $= (V_1 + V_2 + V_3)/3$ $E = e(V_1 + V_2 + V_3)/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0			$c + we < s < 3c + 2kwe - 3we$ Lissage sur la première et la dernière périodes Stockage = $(V_1 - V_3)/2$ $Q^* = Q_1 = Q_3 = (V_1 + V_3)/2$ $Q_2 = V_2$ $E = e(V_1 + V_3)/2$ MO temp = 0 E à rien faire = $(V_1 + V_3)/2 - V_2$	$3c + 2kwe - 3we < s < 3c + kwe$ Lissage sur les 2 dernières périodes Stockage = $V_2 - V_3$ $Q^* = Q_1 = V_1 + V_3 - V_2$ $Q_2 = Q_3 = V_2$ $E = eV_2$ MO temp = $V_1 + V_3 - 2V_2$

Programme de production dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage (suite)					
k moyen $3/2 < k < 3$	$V_2 > (V_1 + V_3)/2$ $c < we(2-k)$	$s < 2c + we(k-1)$ Lissage complet Stockage = $V_2 - V_3$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = Q_3 = (V_1 + V_2 + V_3)/3$ $E = e(V_1 + V_2 + V_3)/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0	$2c + we(k-1) < s < we(3-k)$ Lissage sur la première et la dernière périodes Stockage = $(V_1 - V_3)/2$ $Q_1 = Q_3 = (V_1 + V_3)/2$ $Q^* = Q_2 = V_2$ $E = e(V_1 + V_3)/2$ MO temp = $V_2 - (V_1 + V_3)/2$ E à rien faire = 0	$we(3-k)s < 3c + kwe$ Lissage sur les 2 premières périodes Stockage = $V_1 - V_2$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = V_2$ $Q_3 = V_3 + V_1 - V_2$ $E = eV_2$ MO temp = 0 E à rien faire = $2V_2 - V_3 - V_1$	$s > 3c + kwe$ Pas de lissage Stockage = 0 $Q^* = Q_1 = V_1; Q_2 = V_2; Q_3 = V_3$ $E = eV_2$ MO temp = $V_1 - V_2$ E à rien faire : $V_2 - V_3$
	$V_2 > (V_1 + V_3)/2$ $c > we(2-k)$	$s < c + we$ Lissage complet Stockage = $V_2 - V_3$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = Q_3 = (V_1 + V_2 + V_3)/3$ $E = e(V_1 + V_2 + V_3)/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0	$c + we < s < 3c + kwe$ Lissage sur les 2 premières périodes Stockage = $V_1 - V_2$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = V_2$ $Q_3 = V_3 + V_1 - V_2$ $E = eV_2$ MO temp = 0 E à rien faire = $2V_2 - V_3 - V_1$		$s > 3c + kwe$ Pas de lissage Stockage = 0 $Q^* = Q_1 = V_1; Q_2 = V_2; Q_3 = V_3$ $E = eV_2$ MO temp = $V_1 - V_2$ E à rien faire : $V_2 - V_3$
k fort $k > 3$	$V_2 < (V_1 + V_3)/2$	$s < c + we$ Lissage complet Stockage = $V_2 - V_1$ $Q^* = Q_1 = Q_2 = Q_3 = (V_1 + V_2 + V_3)/3$ $E = e(V_1 + V_2 + V_3)/3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0	$c + we < s < 3(c + we)$ Lissage sur la première et la dernière période Stockage = $(V_1 - V_3)/2$ $Q^* = Q_1 = Q_3 = (V_1 + V_3)/2$ $Q_2 = V_2$ $E = e(V_1 + V_3)/2$ MO temp = 0 E à rien faire = $(V_1 + V_3)/2 - V_2$		$s > 3(c + we)$ Pas de lissage Stockage = 0 $Q^* = Q_1 = V_1; Q_2 = V_2; Q_3 = V_3$ $E = eV_1$ MO temp = 0 E à rien faire = $2V_1 - V_2 - V_3$

Programme de production dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage (suite)				
		$s < c+we$	$c+we < s < 3(c+we)$	$s > 3(c+we)$
$k \text{ fort}$ $k > 3$	$V2 > (V1+V3)/2$	Lissage complet Stockage = $V2 - V3$ $Q^* = Q1 = Q2 = Q3$ $= (V1 + V2 + V3) / 3$ $E = e(V1 + V2 + V3) / 3$ MO temporaire = 0 E à rien faire = 0	Lissage sur les 2 premières périodes Stockage = $V1 - V2$ $Q^* = Q1 = Q2 = V2$ $Q3 = V3 + V1 - V2$ $E = eV2$ MO temp = 0 E à rien faire = $2V2 - V1 - V3$	Pas de lissage Stockage = 0 $Q^* = Q1 = V1; Q2 = V2; Q3 = V3$ $E = eV1$ MO temp = 0 E à rien faire = $2V1 - V2 - V3$
Stockage = quantité totale stockée ; Q^* = capacité de production ; $Q1$ = quantité produite au cours de la première période ; $Q2$ = quantité produite au cours de la deuxième période ; $Q3$ = quantité produite au cours de la troisième période ; E = quantité produite par l'effectif permanent à chaque sous-période ; MO temporaire = quantité totale produite par la main-d'œuvre "supplémentaire" ; E à rien faire = quantité totale "supplémentaire" qu'aurait pu produire l'effectif permanent sans surcoût de main d'œuvre.				

Par symétrie, nous pouvons déduire le programme de production optimal pour les schémas de ventes 1, 2 et 3 avec possibilité de report de demande¹²².

On dénombre ici 34 situations possibles selon la quantité produite en deuxième période et la valeur des différents paramètres que sont le coût unitaire horaire de la main-d'œuvre permanente, le surcoût de la main-d'œuvre temporaire, le coût unitaire de stockage (ou de report) par unité de temps et les coûts fixes de production par unité de produit.

Les conclusions mises en évidence dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage ou décroissant avec report de demande ne changent guère : le choix productif de la firme dépend principalement du coût de stockage (ou de report). Pour un coût de stockage (ou de report) relativement faible, l'entreprise lisse complètement sa production, pour un coût de stockage (ou de report) moyen, elle la lisse partiellement et pour un coût de stockage (ou de report) élevé, elle ne la lisse pas du tout.

Seules les situations de lissage partiel changent mais le choix de la firme se base toujours sur la valeur des coûts fixes de production relativement aux coûts de main d'œuvre. Lorsque les coûts fixes sont relativement faibles face aux coûts de main d'œuvre, face à une augmentation du coût de stockage, la firme préfère augmenter sa capacité de production et réduire son stockage. Elle choisira le lissage partiel qui lui demande le stockage le plus faible. Ainsi selon la valeur de V_2 , elle lissera sa production sur les deux premières ou sur les deux dernières périodes. En revanche, lorsque les coûts fixes sont élevés devant les coûts de main d'œuvre, elle augmentera moins rapidement sa capacité de production et réduira donc également moins rapidement sa quantité stockée. Elle passera ainsi dans un premier temps par une situation de lissage de la production sur la première et la dernière période avant d'arriver à une situation de lissage sur les deux premières ou les deux dernières périodes.

Le choix productif de la firme dépend donc également ici de l'écart entre le coût de stockage ou de report que la firme est prête à supporter – fonction de la part des coûts variables dans le coût total de production et du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire – et le coût réel d'utilisation de

¹²² Il suffit de remplacer V_1 par V_3 , V_3 par V_1 ; Q_1 par Q_3 et Q_3 par Q_1 pour l'obtenir

ces modalités d'adaptation. L'ampleur des fluctuations de ventes n'influence toujours pas le choix productif de la firme.

Que le programme de vente soit du type croissant ou décroissant, le coût de stockage ou de report que la firme est prête à supporter pour lisser totalement sa production est identique : les bornes de stockage (ou de report) à partir desquelles l'entreprise passe d'une situation de lissage complet à une situation de lissage partiel étant similaires. En revanche, dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage ou croissant avec report, elle est prête à supporter un coût de stockage ou de report plus important pour lisser au moins partiellement sa production : les bornes de stockage à partir desquelles l'entreprise passe d'une situation de lissage partiel à une situation d'absence de lissage sont plus élevées. Face à un programme de vente de type croissant avec possibilité de report ou décroissant avec stockage, la probabilité que l'entreprise lisse au moins partiellement sa production est donc, toutes autres choses égales par ailleurs, plus importante. Le tableau 5.7. présentant la part du coût du stockage (ou de report) dans le coût total de production à partir de laquelle l'entreprise change de stratégie productive en témoigne.

Tableau 5.7.
Coût mensuel de stockage (ou de report)
à partir duquel l'entreprise change de stratégie productive
(Coût exprimé en % du coût total de production)

		Lissage complet à lissage partiel			Lissage partiel à absence de lissage		
		<i>k=1</i>	<i>k=1.5</i>	<i>k=3</i>	<i>k=1</i>	<i>k=1.5</i>	<i>k=3</i>
Secteurs à forts coûts variables	Commerce	0,7%	2,6%	3,1%	2,2%	5,7%	9,3%
	Industrie automobile	1,7%	4,5%	4,5%	5,1%	9,3%	13,5%
	Industrie agricole	1,6%	4,9%	4,9%	4,9%	9,8%	14,6%
	Industrie des biens de consommation, industrie des biens intermédiaires	1,6%	5,9%	6,9%	4,8%	12,8%	20,8%
	Industrie des biens d'équipement	1,2%	5,4%	7,2%	3,6%	14,3%	21,4%
Secteurs à coûts variables intermédiaires	Construction	1,6%	7,0%	9,4%	4,7%	18,8%	28,1%
	Energie	5,8%	9,6%	9,6%	17,3%	23,1%	28,9%
	Transport, services aux particuliers	3,6%	10,7%	10,7%	10,7%	21,4%	32,2%
Secteurs à faibles coûts variables	Education, Santé, Action sociale	2,3%	10,2%	13,6%	6,8%	23,9%	40,9%
	Services aux entreprises	6,1%	13,6%	13,6%	18,2%	29,6%	40,9%

Pour un surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre supplémentaire de 1.5, une entreprise de la branche industrie des biens d'équipement est ici prête à supporter un coût de stockage ou à proposer un rabais de prix de 14.3% pour lisser au moins partiellement sa production, alors que dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec possibilité de stockage ou décroissant avec possibilité de report, le coût de stockage ou de report qu'elle est prête à supporter n'était que de 8.9%.

3. CHOIX DU PROGRAMME DE COMMERCIALISATION

A ce stade de l'analyse, nous pouvons déjà affirmer que face à un coût de stockage relativement faible, une entreprise n'utilisera pas la flexibilité du travail et de l'emploi. Quel que soit son choix de commercialisation, elle lissera de toute façon sa production. L'étude du choix de commercialisation n'a alors d'intérêt, dans cette conjoncture, que pour répondre à une question annexe : préfère-t-elle éviter d'utiliser le stockage ou le report et s'adapter uniquement par la flexibilité des prix ou au contraire utiliser ces deux modalités d'adaptation conjointement ? Nous ne nous étendrons pas sur cette question – qui s'éloigne de notre préoccupation première – mais essaierons tout de même de donner au lecteur quelques éléments de réponse.

La question du choix de commercialisation devient par contre très importante dès lors que l'entreprise fait le choix de ne pas lisser sa production. On peut se demander si, dans ce cas, elle n'est pas conduite, par le biais de la flexibilité des prix, à lisser ses ventes et donc indirectement sa production. On voit dès lors l'implication qu'aurait une telle conclusion : l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi serait alors totalement écartée mais pour un nouveau motif : la flexibilité des prix.

Encore faut-il bien sûr qu'elle puisse modifier son prix au cours de l'année. Si tel n'est pas le cas, la firme choisit un niveau de prix une fois pour toute. Les conclusions sont alors immédiates : les fluctuations de ventes s'imposent à l'entreprise et l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi ne dépend que de son choix productif : ou le coût du stockage est relativement faible et l'entreprise lisse sa production par ce biais, ou il est relativement élevé et l'entreprise opte alors pour une adaptation par le travail et l'emploi.

Mais on peut penser que, normalement, face à des variations de demande prévues, peu d'obstacles interdisent à la firme de programmer, si elle le veut, des prix différents selon les saisons.

Nous allons donc, dans cette troisième et dernière section, étudier les raisons qui peuvent pousser une entreprise à ne pas lisser ses ventes dans une situation de flexibilité des prix.

Une chose intuitivement évidente – que l'on pourrait facilement montrer en faisant tendre les fluctuations de demande entre chaque sous-période vers l'unité – est que, lorsque les fluctuations de demande sont de faible ampleur, l'entreprise a toujours intérêt à lisser ses ventes. On peut dès lors s'interroger sur l'ampleur des fluctuations de demande à partir de laquelle l'entreprise est conduite à n'absorber que partiellement les fluctuations de demande par les prix.

Nous établirons, d'abord, une condition d'absence de lissage de ventes lorsque la firme ne lisse pas sa production. Nous chercherons ensuite à généraliser nos résultats afin de voir si, lorsque la firme lisse sa production, elle préfère utiliser conjointement stockage (ou report) et flexibilité des prix ou si elle préfère uniquement utiliser la seconde modalité.

Les conditions d'une absence de lissage des ventes auxquelles aboutit cette étude théorique nous donneront des éléments de réponse à nos questions initiales. Nous montrerons, dans un deuxième point, que, pour un coût de stockage relativement faible, ces conditions sont peu exigeantes ce qui milite pour une absence de lissage des ventes dès lors que l'entreprise peut lisser sa production par le biais du stockage ou du report. Nous montrerons, par contre, que pour un coût de stockage relativement élevé, ces conditions deviennent très exigeantes : l'absence de lissage des ventes semble dès lors très peu probable lorsque l'entreprise ne lisse pas sa production.

3.1. Etude théorique des conditions d'absence de lissage des ventes

Nous allons dans ce premier point examiner le cas où l'entreprise ne lisse pas du tout sa production et tenter d'établir une condition nécessaire d'absence de lissage des ventes dans le cas d'une demande croissante et dans le cas d'une demande décroissante. Puis sur la base d'un raisonnement assez similaire nous

proposerons dans un deuxième temps une généralisation de ce résultat au cas où l'entreprise lisse complètement sa production.

3.1.1. Condition suffisante d'absence de lissage des ventes lorsque la firme ne lisse pas sa production

Cas d'une demande croissante

Lorsque la demande est croissante, on a pour une quantité commercialisée V donnée, $Rm_1(V) \leq Rm_2(V) \leq Rm_3(V)$ ¹²³.

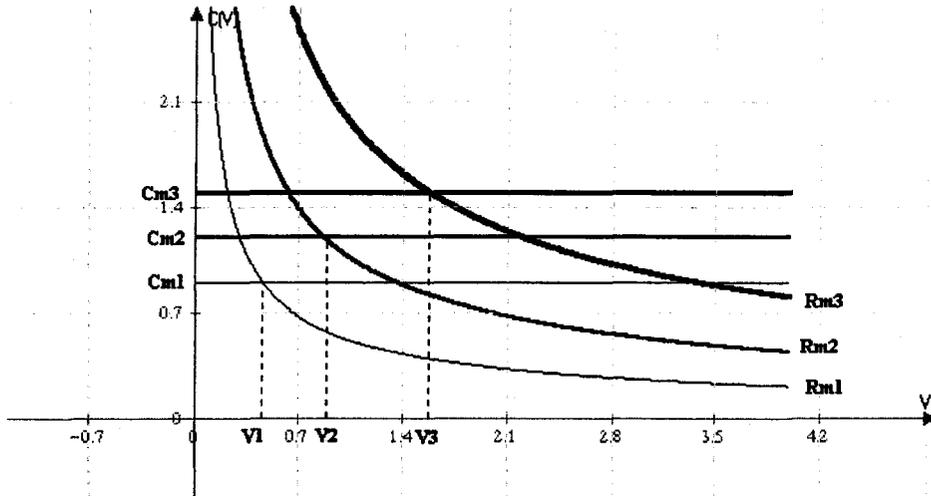
Des situations d'absence de lissage de la production, présentées dans la deuxième section de ce chapitre (Cf. tableau 5.5. P215 et suivantes), se déduit aisément le coût total de production de la firme selon la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire. L'écriture des coûts marginaux pour chacune des situations d'absence de lissage de la production permet alors de voir que, dans le cas d'un programme de vente de type croissant ($V_1 \leq V_2 \leq V_3$), on a, quel que soit k , $Cm(V_1) \leq Cm(V_2) \leq Cm(V_3)$.

On peut alors montrer graphiquement que, dans le cas d'une demande croissante, lorsque le programme de vente est de type croissant, une situation d'absence de lissage des ventes est optimale pour la firme si :

$$\frac{Cm(V_2)}{Cm(V_3)} \geq \frac{Rm_2(V_3)}{Rm_3(V_3)} \quad \text{ET} \quad \frac{Cm(V_1)}{Cm(V_2)} \geq \frac{Rm_1(V_2)}{Rm_2(V_2)}$$

¹²³ ceci résulte directement de l'hypothèse que les déplacements de demande sont homothétiques.

Graphique 5.6.
Condition suffisante d'absence de lissage des ventes
dans le cas d'une demande croissante



On voit en effet ici sous les conditions énoncées, en égalisant les recettes marginales aux coûts marginaux de production, un programme croissant de vente.

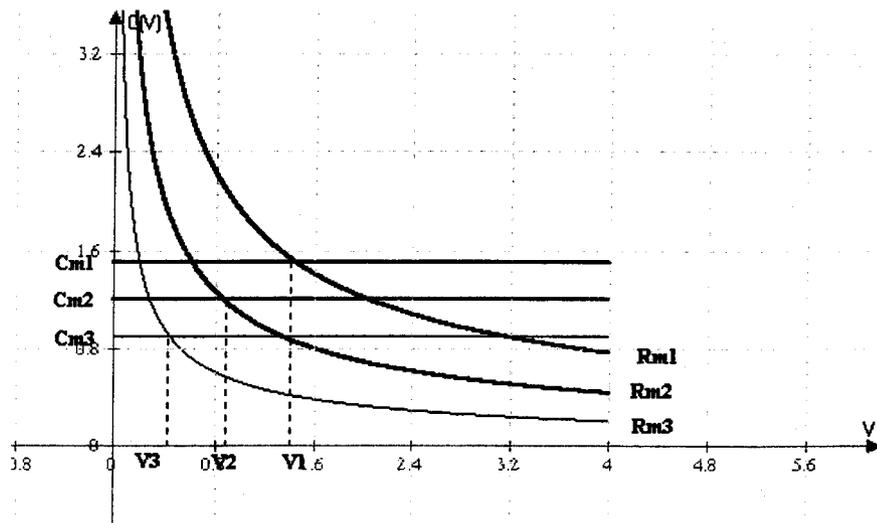
La condition énoncée est donc une condition suffisante d'absence de lissage des ventes dans le cas d'une demande croissante

Cas d'une demande décroissante

Lorsque la demande est décroissante, on a, pour une quantité commercialisée V donnée, $Rm_1(V) \geq Rm_2(V) \geq Rm_3(V)$. L'écriture du coût total de production pour chacune des situations d'absence de lissage de la production décrites dans le tableau 5.6. (P233 et suivantes) permet de déduire que, dans le cas d'une programme de vente de type décroissant $Cm(V_1) \geq Cm(V_2) \geq Cm(V_3)$. On peut alors montrer que dans ce cas, une situation d'absence de lissage des ventes est optimale si :

$$\frac{Cm(V_2)}{Cm(V_1)} \geq \frac{Rm_2(V_2)}{Rm_1(V_2)} \quad \text{ET} \quad \frac{Cm(V_3)}{Cm(V_2)} \geq \frac{Rm_3(V_2)}{Rm_2(V_2)}$$

Graphique 5.7.
Condition suffisante d'absence de lissage des ventes
dans le cas d'une demande décroissante



On voit ici graphiquement que sous la condition énoncée, on a bien, pour un programme de vente de type décroissant, égalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production. La condition énoncée est donc une condition suffisante d'absence de lissage des ventes dans le cas d'une demande décroissante.

La symétrie des deux situations invite alors à énoncer sous une forme unifiée les deux propositions. Cette unification peut se faire sans mal sous l'hypothèse de constance d'élasticité de la courbe de demande. Elle implique, en effet, que le rapport des recettes marginales est le même pour toute valeur des volumes vendus, ce qui permet de ne plus avoir besoin de préciser en quel point le rapport des recettes marginales est calculé.

Or, dans le cas d'une demande croissante, Rm_1 correspond à la recette marginale de basse période, Rm_2 correspond à la recette marginale de période intermédiaire et Rm_3 correspond à la recette marginale de haute période. Tandis que dans le cas d'une demande décroissante, Rm_1 correspond à la recette marginale de haute période, Rm_2 à la recette marginale de période intermédiaire et Rm_3 à la recette marginale de basse période.

Il en va de même concernant les quantités commercialisées. Dans le cas d'une demande croissante, V_1 est la quantité commercialisée la plus basse, V_2 est la quantité commercialisée intermédiaire et V_3 est la quantité commercialisée la plus haute. Tandis que dans le cas d'une demande décroissante, V_1 est la quantité commercialisée la plus haute, V_2 est la quantité commercialisée intermédiaire et V_3 est la quantité commercialisée la plus basse.

Ainsi, si l'on note :

Rm_{inf} , la recette marginale de la période basse

$Rm_{méd}$, la recette marginale de période intermédiaire

Rm_{sup} la recette marginale de haute période

Et que l'on note

V_{inf} la quantité commercialisée la plus basse

$V_{méd}$ la quantité commercialisée intermédiaire

V_{sup} la quantité commercialisée la plus haute

Et si l'on suppose iso-élasticité des courbes de demande sur la portion de courbe qui nous intéresse, la condition suffisante d'absence de lissage des ventes dans le cas d'une demande croissante ou décroissante lorsque la firme ne lisse pas sa production est la même :

$$\frac{Cm(V_{méd})}{Cm(V_{sup})} \geq \frac{Rm_{méd}}{Rm_{sup}} \quad \text{ET} \quad \frac{Cm(V_{inf})}{Cm(V_{méd})} \geq \frac{Rm_{inf}}{Rm_{méd}}$$

Comme $Cm(V_{inf})$ est toujours le coût marginal le plus bas, $Cm(V_{méd})$ est toujours le coût marginal intermédiaire et $Cm(V_{sup})$ est toujours le coût marginal le plus élevé, on peut réécrire la condition d'absence de lissage de la production comme suit :

$$\frac{Cm_{méd}}{Cm_{sup}} \geq \frac{Rm_{méd}}{Rm_{sup}} \quad \text{ET} \quad \frac{Cm_{inf}}{Cm_{méd}} \geq \frac{Rm_{inf}}{Rm_{méd}}$$

où Cm_{inf} est le coût marginal le plus bas, $Cm_{méd}$, le coût marginal intermédiaire et Cm_{sup} le coût marginal le plus élevé.

Cette condition est facile à établir lorsque les coûts de stockage ou de report sont relativement élevés – et donc lorsqu'il y a absence de lissage de la

production – dans la mesure où l'ordonnancement des coûts marginaux est identique que le programme de vente mis en œuvre soit du type croissant ou décroissant. On a toujours $Cm(V_{inf}) \leq Cm(V_{méd}) \leq Cm(V_{sup})$.

Elle est par contre beaucoup plus complexe à généraliser au cas où l'entreprise lisse complètement sa production dans la mesure où lorsque les coûts de stockage sont relativement faibles, notamment lorsqu'il y a lissage complet de la production, l'ordonnancement des coûts marginaux¹²⁴ est différent selon que le programme de vente est de type croissant ou décroissant :

Si pour un programme de vente de type croissant, on a toujours :

$$Cm(V_{inf}) \leq Cm(V_{méd}) \leq Cm(V_{sup})$$

Pour un programme de vente de type décroissant, l'ordonnancement des coûts marginaux dépend par contre de la quantité intermédiaire commercialisée relativement aux deux autres :

$$\text{lorsque } V_{méd} \leq \frac{V_{inf} + V_{sup}}{2}, \text{ on a } Cm(V_{méd}) \leq Cm(V_{inf}) \leq Cm(V_{sup})$$

$$\text{lorsque } V_{méd} \geq \frac{V_{inf} + V_{sup}}{2}, \text{ on a } Cm(V_{inf}) \leq Cm(V_{sup}) \leq Cm(V_{méd})$$

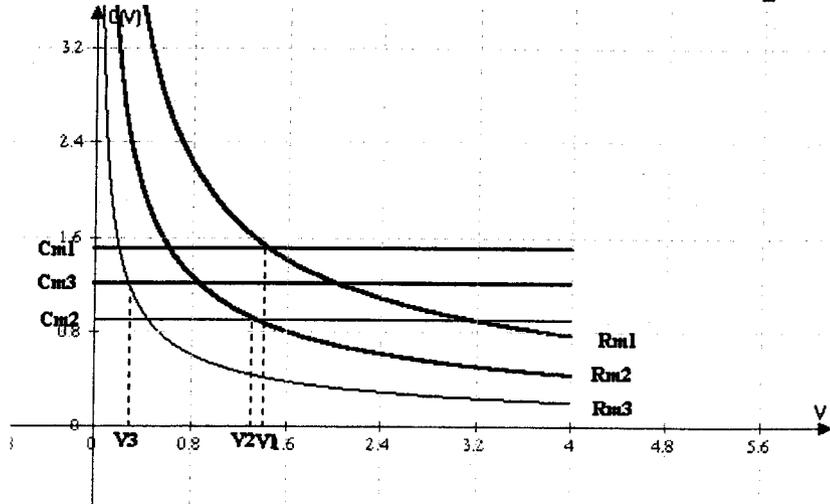
On peut en effet montrer sur un exemple que la condition énoncée n'est dans ce cas plus suffisante.

Supposons une demande décroissante. Pour un programme de vente de type décroissant $V_1 \geq V_2 \geq V_3$, lorsque $V_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$, alors $Cm(V_2) \leq Cm(V_3) \leq Cm(V_1)$.

¹²⁴ Les coûts marginaux sont ici déduits du coût total de production des situations de lissage complet de la production (Cf. tableau 5.6. P233 et suivantes)

Graphique 5.8.

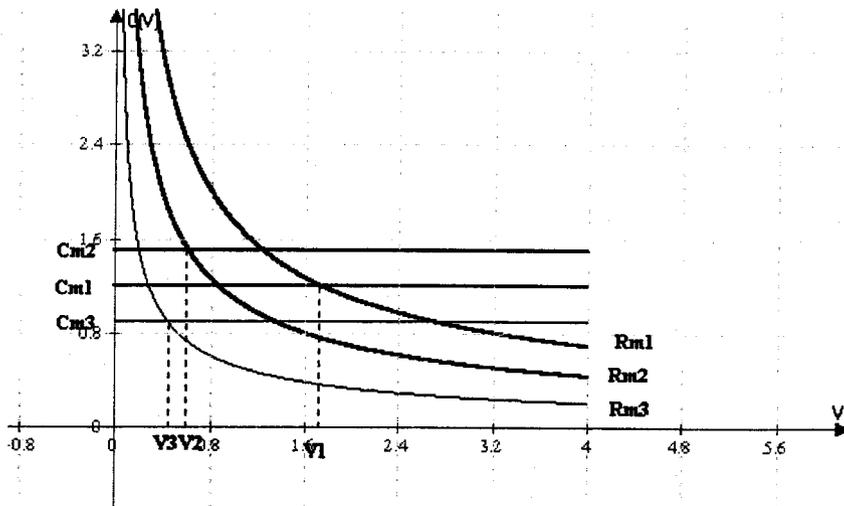
Programme de vente de type $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ avec $V_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$



On peut remarquer sur le graphique ci-dessus que, sous la condition énoncée, on a bien un programme décroissant du type $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ mais la condition $V_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$ n'est pas vérifiée.

Graphique 5.9.

Programme de vente de type $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ avec $V_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$



De même, pour un programme de vente de type décroissant $V_1 \geq V_2 \geq V_3$, lorsque $V_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$, alors $Cm(V_3) \leq Cm(V_1) \leq Cm(V_2)$. On peut remarquer

que sous la condition énoncée, on a bien un programme décroissant du type $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ mais la condition $V_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$ n'est pas vérifiée, ce qui contredit nos hypothèses de départ.

Ainsi, la condition suffisante d'absence de lissage des ventes lorsque l'entreprise ne lisse pas sa production n'est pas généralisable au cas où l'entreprise lisse complètement sa production.

3.1.2. Condition nécessaire générale d'absence de lissage des ventes

Pour trouver une condition nécessaire d'absence de lissage valable aussi bien dans le cas où l'entreprise lisse complètement sa production et dans le cas où elle ne lisse pas du tout sa production, nous avons pris le problème à l'envers en cherchant une condition suffisante de lissage des ventes. Nous avons donc supposé les fonctions de recettes marginales de chacune des trois périodes Rm_1, Rm_2, Rm_3 connues, et nous nous sommes demandé à quelle condition il n'existe pas de situation telle que :

$$\begin{cases} Rm(V_1) = Cm(V_1) \\ Rm(V_2) = Cm(V_2) \\ Rm(V_3) = Cm(V_3) \end{cases} \text{ avec } V_1 \neq V_2 \neq V_3$$

Cette condition est la suivante :

$$\frac{Cm_{\text{inf}}}{Cm_{\text{sup}}} \leq \frac{Rm_{\text{inf}}}{Rm_{\text{sup}}} \quad \text{ET} \quad \frac{Cm_{\text{méd}}}{Cm_{\text{sup}}} \leq \frac{Rm_{\text{méd}}}{Rm_{\text{sup}}}$$

- où
- Rm_{inf} est la recette marginale associée à la demande de basse période
 - $Rm_{\text{méd}}$ est la recette marginale associée à la demande de la période intermédiaire
 - Rm_{sup} est la recette marginale associée à la demande de haute période
 - Cm_{inf} est le coût marginal le plus bas
 - $Cm_{\text{méd}}$ est le coût marginal médian
 - Cm_{sup} est le coût marginal le plus haut

Il suffit pour établir cette proposition de montrer que, si cette condition est remplie, on ne peut trouver de programme de commercialisation croissant ou décroissant qui satisfasse les trois conditions d'égalisation des coûts marginaux et recettes marginales.

Il existe, comme nous l'avons vu dans la deuxième section de ce chapitre, six programmes de ventes envisageables :

Trois de type croissant

$$V_1 \leq V_2 \leq V_3$$

$$V_3 \leq V_2 \leq V_1$$

$$V_2 \leq V_3 \leq V_1$$

Trois de type décroissant

$$V_3 \leq V_2 \leq V_1$$

$$V_2 \leq V_1 \leq V_3$$

$$V_1 \leq V_3 \leq V_2$$

Quatre démonstrations sont nécessaires :

Il faut montrer qu'il n'existe aucun programme de vente (croissant ou décroissant) tel que

$$\begin{cases} Rm(V_1) = Cm(V_1) \\ Rm(V_2) = Cm(V_2) \\ Rm(V_3) = Cm(V_3) \end{cases} \text{ avec } V_1 \neq V_2 \neq V_3$$

1. face à une demande croissante et un coût de stockage (ou de report) relativement faible
2. face à une demande croissante et un coût de stockage (ou de report) relativement élevé
3. face à une demande décroissante et un coût de stockage (ou de report) relativement faible
4. face à une demande décroissante et un coût de stockage (ou de report) relativement élevé

On voit encore une fois ici, le travail fastidieux d'une telle démonstration. Nous ne présenterons donc au lecteur qu'une seule de ces quatre démonstrations et donnerons directement les résultats des trois autres.

Nous allons montrer ici en nous appuyant sur l'évidence graphique que, face à une demande croissante et un coût de stockage (ou de report) relativement

faible, il n'existe aucun programme de vente – aussi bien croissant que décroissant – pour lequel :

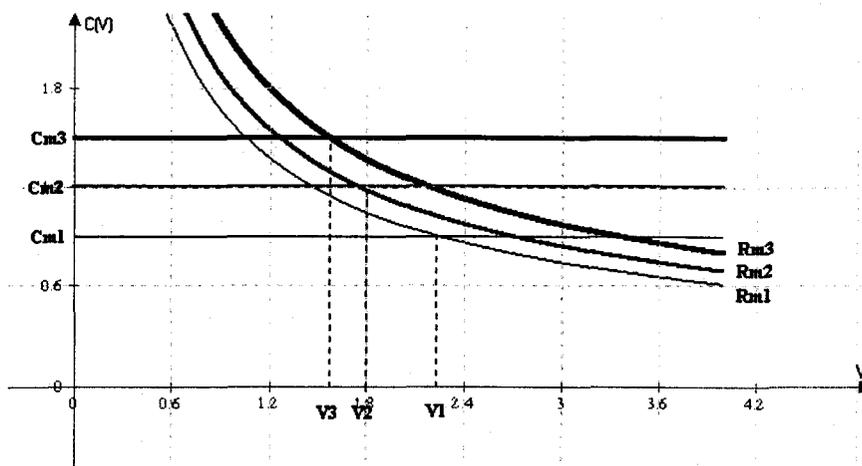
$$\begin{cases} Rm(V_1) = Cm(V_1) \\ Rm(V_2) = Cm(V_2) \\ Rm(V_3) = Cm(V_3) \end{cases} \text{ avec } V_1 \neq V_2 \neq V_3$$

Examinons les programmes de ventes de type croissant

Dans le cas d'un programme de vente de type croissant, on a toujours $Cm(V_{inf}) \leq Cm(V_{méd}) \leq Cm(V_{sup})$

Ainsi pour un programme de vente croissant du type $V_1 \leq V_2 \leq V_3$, on a $Cm(V_1) \leq Cm(V_2) \leq Cm(V_3)$. Si l'on représente graphiquement les recettes marginales d'une demande croissante et les coûts marginaux associés au programme $V_1 \leq V_2 \leq V_3$ telles que les conditions énoncées sur les rapports de recettes marginales soient vraies, on voit immédiatement graphiquement, si l'on cherche à égaliser chaque recette marginale au coût marginal de production, que nous ne respectons pas la condition $V_1 \leq V_2 \leq V_3$.

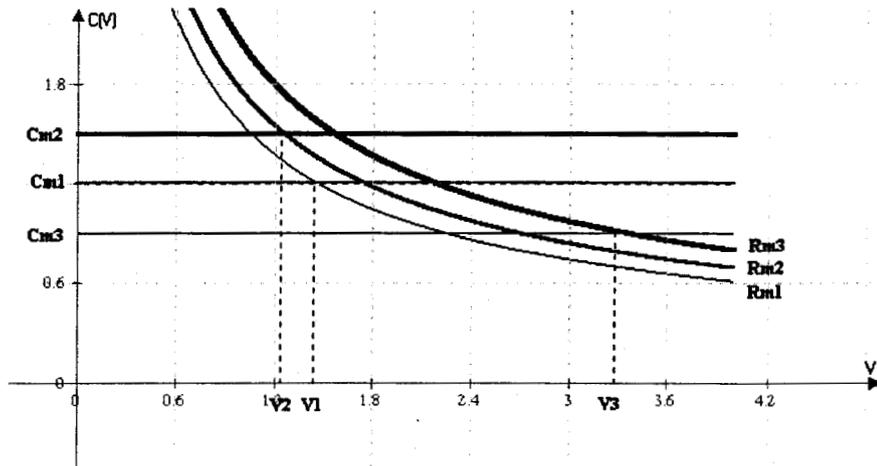
Graphique 5.10.
Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production
pour un programme de vente du type $V_1 \leq V_2 \leq V_3$



Essayons à présent un programme de vente croissant tel que $V_3 \leq V_1 \leq V_2$.

On a alors $Cm(V_3) \leq Cm(V_1) \leq Cm(V_2)$

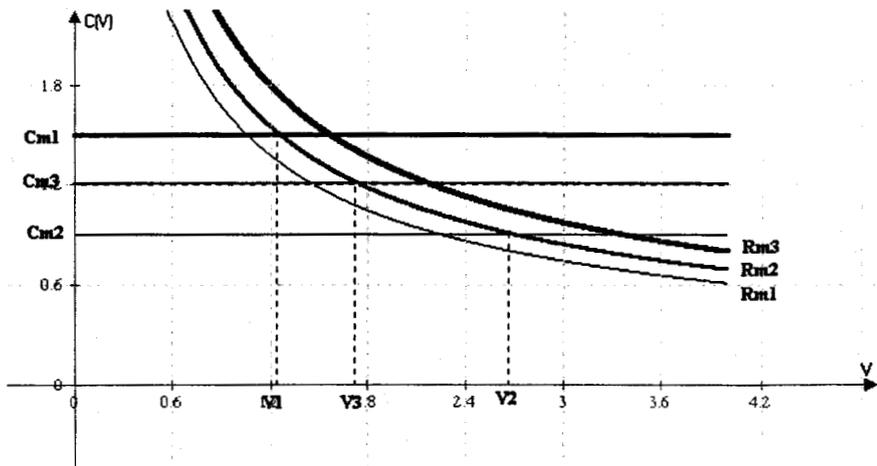
Graphique 5.11.
Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_3 \leq V_1 \leq V_2$



On voit également graphiquement que si l'on cherche à égaliser chaque recette marginale au coût marginal de production, nous obtenons un programme qui ne respecte pas la condition $V_3 \leq V_1 \leq V_2$. Il y a donc de nouveau contradiction.

Pour un programme croissant $V_2 \leq V_3 \leq V_1$, $Cm(V_2) \leq Cm(V_3) \leq Cm(V_1)$

Graphique 5.12.
Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_2 \leq V_3 \leq V_1$



On voit encore une fois que l'égalisation de chaque recette marginale au coût marginal de production n'engendre pas un programme de production tel que $V_2 \leq V_3 \leq V_1$.

A ce stade de la démonstration, on peut déjà affirmer qu'aucun programme de vente de type croissant permet, sous les conditions énoncées, une égalisation complète des recettes marginales aux coûts marginaux. Reste à étudier les programmes de ventes de type décroissant.

Examinons les programmes de vente de type décroissant

Dans le cas d'un programme de vente de type décroissant, l'ordonnancement des coûts marginaux dépend de la quantité "intermédiaire" commercialisée relativement aux deux autres. On a :

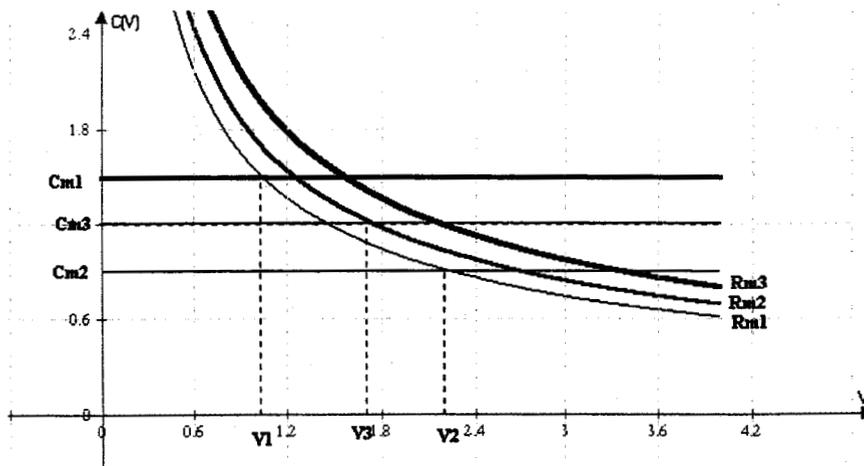
$$Cm(V_{\text{méd}}) \leq Cm(V_{\text{inf}}) \leq Cm(V_{\text{sup}}) \quad \text{lorsque} \quad V_{\text{méd}} \leq \frac{V_{\text{inf}} + V_{\text{sup}}}{2}$$

$$Cm(V_{\text{inf}}) \leq Cm(V_{\text{sup}}) \leq Cm(V_{\text{méd}}) \quad \text{lorsque} \quad V_{\text{méd}} \geq \frac{V_{\text{inf}} + V_{\text{sup}}}{2}$$

Pour un programme décroissant tel que $V_3 \leq V_2 \leq V_1$,

$$Cm(V_2) \leq Cm(V_3) \leq Cm(V_1) \quad \text{lorsque} \quad V_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$$

Graphique 5.13.
Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production
pour un programme de vente du type $V_3 \leq V_2 \leq V_1$ avec $V_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$

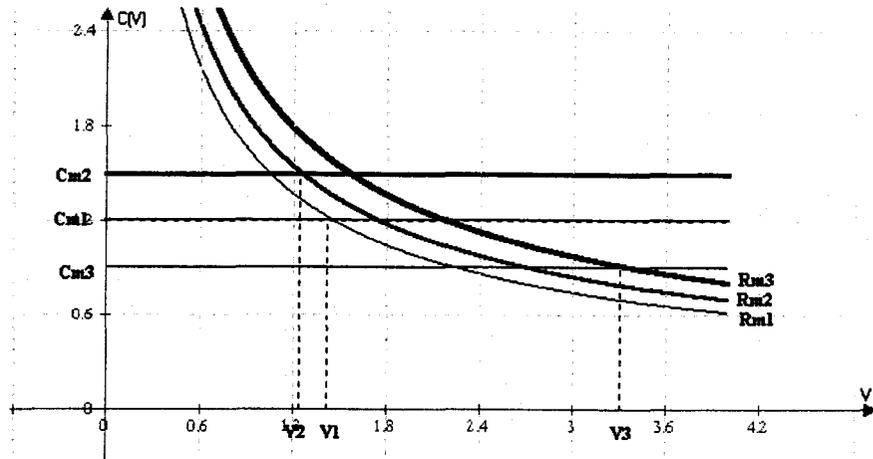


Si l'on égalise les recettes marginales aux coûts marginaux, on obtient un programme de vente tel que $V_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$. Il y a donc à nouveau contradiction.

Voyons s'il en est de même avec $V_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$.

Lorsque $V_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$, on a $Cm(V_3) \leq Cm(V_1) \leq Cm(V_2)$

Graphique 5.14.
Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production
pour un programme de vente du type $V_3 \leq V_2 \leq V_1$ avec $V_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$



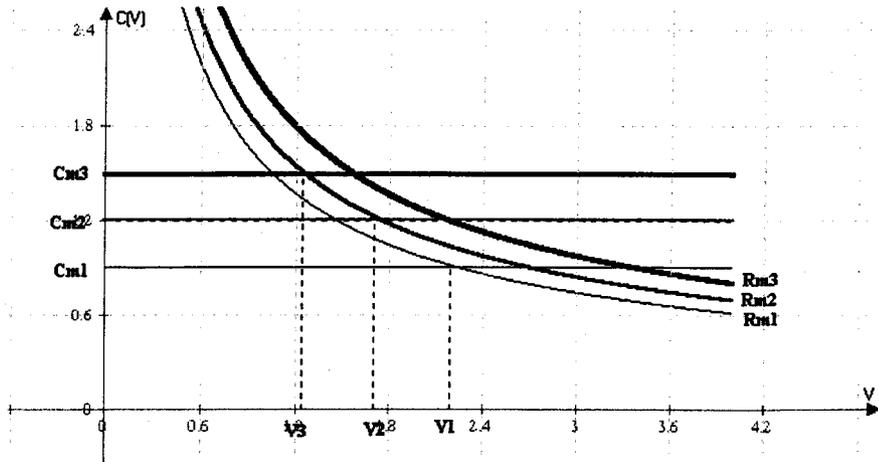
Même constat que précédemment : l'égalisation des recettes marginales aux coûts marginaux est impossible avec ce programme de vente sous les conditions énoncées. On obtient $V_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$.

Pour un programme décroissant tel que $V_2 \leq V_1 \leq V_3$,

$Cm(V_1) \leq Cm(V_2) \leq Cm(V_3)$ lorsque $V_1 \leq \frac{V_2 + V_3}{2}$

Graphique 5.15.

Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_2 \leq V_1 \leq V_3$ avec $V_1 \leq \frac{V_2 + V_3}{2}$



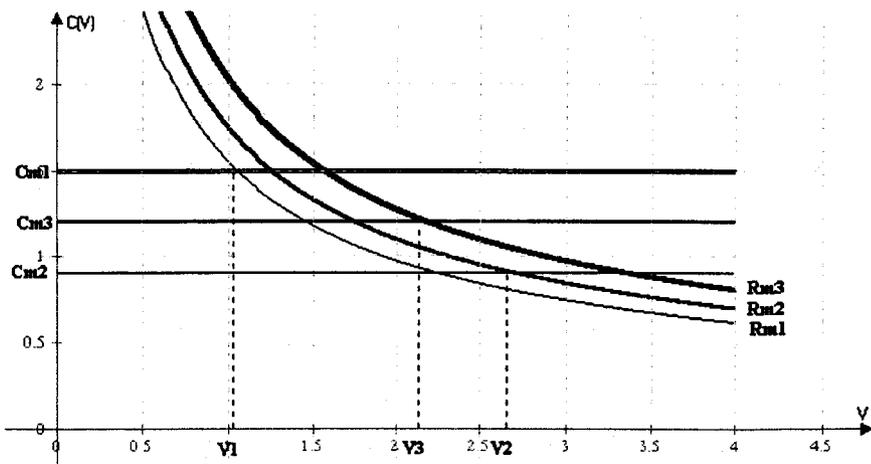
L'égalisation des recettes marginales aux coûts marginaux ne donne toujours pas le "bon" programme de vente. On obtient $V_1 \geq \frac{V_2 + V_3}{2}$.

Voyons si ce programme est envisageable avec $V_1 \geq \frac{V_2 + V_3}{2}$

Lorsque $V_1 \geq \frac{V_2 + V_3}{2}$, $Cm(V_2) \leq Cm(V_3) \leq Cm(V_1)$

Graphique 5.16.

Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_2 \leq V_1 \leq V_3$ avec $V_1 \geq \frac{V_2 + V_3}{2}$



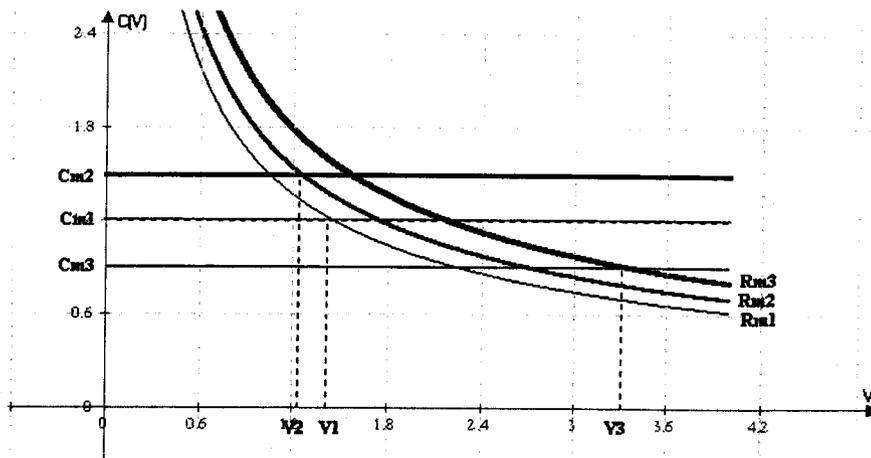
Si l'on cherche à égaliser les recettes marginales aux coûts marginaux de production, on obtient $V_1 \leq \frac{V_2 + V_3}{2}$. Il y a de nouveau contradiction.

Pour un programme décroissant tel que $V_1 \leq V_3 \leq V_2$,

$$Cm(V_3) \leq Cm(V_1) \leq Cm(V_2) \text{ lorsque } V_3 \leq \frac{V_2 + V_1}{2}$$

Graphique 5.17.

Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_1 \leq V_3 \leq V_2$ avec $V_3 \leq \frac{V_2 + V_1}{2}$



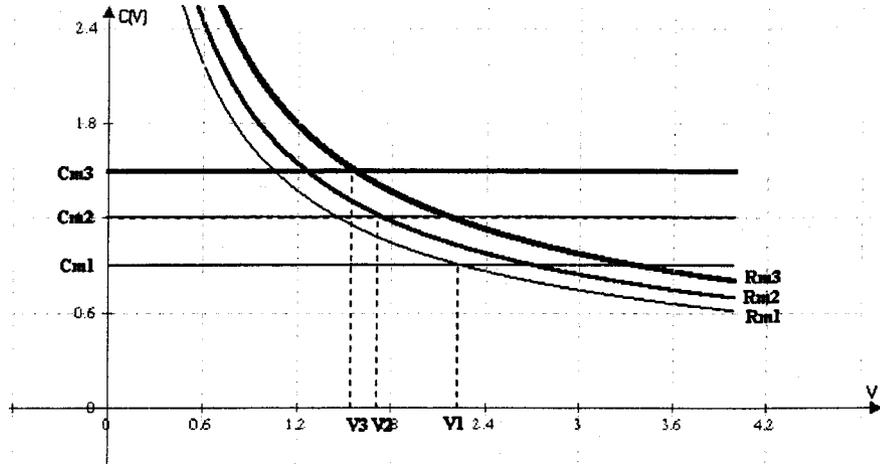
En égalisant les recettes marginales aux coûts marginaux de production, on obtient ici $V_3 \geq \frac{V_2 + V_1}{2}$. Il n'y aura donc jamais égalisation des recettes marginales aux coûts marginaux sous les conditions énoncées avec $V_3 \leq \frac{V_2 + V_1}{2}$.

Voyons s'il en est de même avec $V_3 \geq \frac{V_2 + V_1}{2}$.

Lorsque $V_3 \geq \frac{V_2 + V_1}{2}$, $Cm(V_1) \leq Cm(V_2) \leq Cm(V_3)$

Graphique 5.18.

Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_1 \leq V_3 \leq V_2$ avec $V_3 \geq \frac{V_2 + V_1}{2}$



L'égalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production ne permet pas d'obtenir un programme de vente tel que $V_1 \leq V_3 \leq V_2$. Il n'y aura donc jamais égalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production, sous les conditions énoncées, avec un programme de vente du type $V_1 \leq V_3 \leq V_2$.

Nous avons donc montré ici que, face à une demande croissante et un coût de stockage (ou de report) relativement faible, sous les conditions suivantes :

$$\frac{Cm_2}{Cm_3} \leq \frac{Rm_2}{Rm_3} \quad \text{ET} \quad \frac{Cm_1}{Rm_3} \leq \frac{Rm_1}{Rm_3}$$

il n'existe aucun programme de vente – aussi bien croissant que décroissant – pour lequel :

$$\begin{cases} Rm(V_1) = Cm(V_1) \\ Rm(V_2) = Cm(V_2) \\ Rm(V_3) = Cm(V_3) \end{cases} \quad \text{avec } V_1 \neq V_2 \neq V_3$$

L'étude de tous les programmes de ventes envisageables face à une demande croissante et un coût de stockage relativement élevé, face à une demande décroissante et un coût de stockage relativement faible et face à une demande décroissante et un coût de stockage relativement élevé montre exactement la même chose : aucun programme de vente ne permet l'égalisation complète des recettes marginales aux coûts marginaux sous les conditions suivantes :

$$\frac{Cm_{inf}}{Cm_{sup}} \leq \frac{Rm_{inf}}{Rm_{sup}} \quad \text{ET} \quad \frac{Cm_{méd}}{Cm_{sup}} \leq \frac{Rm_{méd}}{Rm_{sup}}$$

On peut donc en conclure que c'est une condition suffisante au lissage au moins partiel des ventes. Ce qui implique qu'une condition nécessaire à une absence complète de lissage des ventes est :

$$\frac{Cm_{méd}}{Cm_{sup}} \geq \frac{Rm_{méd}}{Rm_{sup}} \quad \text{OU} \quad \frac{Cm_{inf}}{Cm_{sup}} \geq \frac{Rm_{inf}}{Rm_{sup}}$$

3.2. Les déterminants et l'exigence de la condition d'absence de lissage des ventes

De la fonction de demande $V = AP^\alpha$, se déduit aisément la fonction de recette marginale :

$$Rm(V) = A^{-1/\alpha} \left(\frac{\alpha+1}{\alpha} \right) V^{1/\alpha}$$

Nous pouvons alors, sous l'hypothèse d'iso-élasticité des courbes de demande, calculer les rapports de recettes marginales qui nous intéressent.

Dans le cas d'une demande croissante,

$$\frac{Rm_{méd}}{Rm_{sup}} = \frac{Rm_2}{Rm_3} = (\lambda_3)^{1/\alpha} \quad \text{où } \lambda_2 \geq 1 \text{ et } \lambda_3 \geq 1$$
$$\frac{Rm_{inf}}{Rm_{sup}} = \frac{Rm_1}{Rm_3} = (\lambda_2 \lambda_3)^{1/\alpha}$$

Dans le cas d'une demande décroissante,

$$\frac{Rm_{méd}}{Rm_{sup}} = \frac{Rm_2}{Rm_1} = (\lambda_2)^{1/\alpha} \quad \text{où } \lambda_2 \leq 1 \text{ et } \lambda_3 \leq 1$$

$$\frac{Rm_{inf}}{Rm_{sup}} = \frac{Rm_3}{Rm_1} = (\lambda_2 \lambda_3)^{1/\alpha}$$

Le choix de commercialisation de la firme dépend donc de l'ampleur des fluctuations de demande, de l'élasticité prix et du rapport des coûts marginaux.

Le tableau 5.8. donne l'ampleur minimale des fluctuations de demande que doit connaître l'entreprise en fonction de l'élasticité prix de la demande et le rapport des coûts marginaux pour que la condition nécessaire d'absence de lissage des ventes soit vérifiée.

Si l'ampleur des fluctuations de demande que connaît l'entreprise est inférieure à celle présentée dans le tableau pour une élasticité prix et un rapport de coût marginaux donné, la condition d'absence de lissage des ventes n'est pas vérifiée.

Tableau 5.8.
Ampleur minimale des fluctuations de ventes pour que
la condition nécessaire d'absence de lissage des ventes soit vérifiée
selon l'élasticité prix et le rapport des coûts marginaux

Rapport Cm \ Elasticité prix		Rapport Cm									
		1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
-1,2	1	1,13	1,31	1,53	1,85	2,30	3,00	4,24	6,90	15,85	
-1,5	1	1,17	1,40	1,71	2,15	2,83	3,95	6,09	11,18	31,62	
-2	1	1,23	1,56	2,04	2,78	4,00	6,25	11,11	25,00	100,00	
-2,5	1	1,30	1,75	2,44	3,59	5,66	9,88	20,29	55,90	316,23	
-3	1	1,37	1,95	2,92	4,63	8,00	15,63	37,04	125,00	1000,00	
-3,5	1	1,45	2,18	3,48	5,98	11,31	24,71	67,62	279,51	3162,28	
-4	1	1,52	2,44	4,16	7,72	16,00	39,06	123,46	625,00	10000,00	
-4,5	1	1,61	2,73	4,98	9,96	22,63	61,76	225,40	1397,54	31622,78	

On voit alors immédiatement l'influence de l'ampleur des fluctuations de demande sur le choix de commercialisation de la firme. Face à des fluctuations de demande faibles, la condition d'absence de lissage des ventes a très peu de

chances d'être réalisée. La firme doit donc connaître des fluctuations de demande assez importantes pour décider de ne pas lisser ses ventes, d'autant plus importantes que l'élasticité prix est forte et que le rapport des coûts marginaux est faible.

On peut décomposer ce tableau en trois "zones" :

- une zone où la condition d'absence de lissage des ventes ne sera réalisée que dans des cas exceptionnels : les cases surlignées en gris foncé.

La condition d'absence de lissage des ventes est, dans cette zone, trop exigeante : l'entreprise doit connaître des fluctuations de demande de plus du simple au triple pour décider de ne pas lisser ses ventes.

- une zone où la condition d'absence de lissage des ventes a des chances d'être réalisée pour certaines entreprises qui connaissent de fortes fluctuations de demande, mais pas pour la majorité des entreprises : les cases surlignées en gris clair.

L'entreprise doit connaître des fluctuations de demande de l'ordre du simple à plus du double pour décider de ne pas lisser ses ventes.

- une zone où la condition d'absence de lissage des ventes a de fortes chances d'être réalisée : les cases blanches.

L'entreprise doit connaître des fluctuations de demande dont l'ampleur est inférieure à 2 pour décider de ne pas lisser ses ventes.

Nous pouvons dès lors analyser l'exigence de la condition d'absence de lissage des ventes selon le choix productif de la firme.

3.2.1. Exigence de la condition lorsque l'entreprise lisse sa production

Lorsque l'entreprise lisse complètement sa production, les coûts marginaux sont les suivants quel que soit le programme de vente :

$$\begin{cases} Cm_{inf} = c + a + we - s \\ Cm_{méd} = c + a + we \\ Cm_{sup} = c + a + we + s \end{cases}$$

Les rapports de coûts marginaux dépendent donc uniquement de la part du coût de stockage dans le coût total de production. Plus elle sera faible, plus les rapports des coûts marginaux seront élevés. Or, la firme ne décide de lisser sa production que pour des coûts de stockage relativement faibles¹²⁵. Nous ne connaissons pas la valeur de s (ou de r) mais, dans la section précédente, nous avons calculé pour chaque secteur la borne en dessous de laquelle l'entreprise lisse complètement sa production. Si nous supposons cette condition remplie, alors la valeur des rapports de coûts marginaux qui nous intéresse (i.e. $\frac{Cm_{\text{méd}}}{Cm_{\text{sup}}}$ et $\frac{Cm_{\text{inf}}}{Cm_{\text{sup}}}$) est forcément supérieure à la valeur calculée en substituant à

son majorant. Les rapports de coûts marginaux sont donc élevés : le rapport des coûts marginaux les plus élevés est toujours, quel que soit la branche d'activité et quel que soit le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire" supérieur à 0.85¹²⁶. Quant au rapport des coûts marginaux extrêmes, il est toujours supérieur à 0.76¹²⁷. Ce qui correspond à des amplitudes de fluctuations de demande de l'ordre de 20% pour une valeur d'élasticité prix raisonnable (de l'ordre de -2) pour que la condition nécessaire d'absence de lissage des ventes soit réalisée.

La première conclusion que nous pouvons donc tirer ici est que, si le choix productif de la firme est de lisser complètement sa production, il y a de très fortes chances qu'elle ne lisse pas ses ventes. L'adaptation aux fluctuations de demande ne se fera donc généralement pas complètement par les prix mais également par le biais du stockage ou du report de demande.

¹²⁵ d'autant plus faible que la part des coûts variables dans le coût total de production est élevé.

¹²⁶ dans la mesure où les branches d'activité ("services aux entreprises", "éducation, santé, action sociale") qui sont prêtes à supporter le coût de stockage le plus élevé pour lisser leur production, ne sont pas prêtes – même pour un surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire" supérieur à 3 – à supporter un coût de stockage supérieur à 13.6% du coût total de production (Cf. tableau 5.4 P.221).

¹²⁷ attention, au rapport des coûts marginaux extrêmes correspond l'ampleur annuelle des fluctuations de demande. Il faut donc diviser par deux l'ampleur des fluctuations présentées dans le tableau 5.8. (P.257) pour obtenir l'ampleur moyenne des fluctuations entre deux périodes successives.

3.2.2. Exigence de la condition lorsque l'entreprise ne lisse pas sa production

Lorsque l'entreprise ne lisse pas du tout sa production, les coûts marginaux sont les suivants quel que soit le programme de vente :

Pour $k \leq 1.5$

$$\begin{cases} Cm_{inf} = a + 3we - 2kwe \\ Cm_{méd} = a + kwe \\ Cm_{sup} = 3c + a + kwe \end{cases}$$

Pour $k \in [1.5, 3]$

$$\begin{cases} Cm_{inf} = a \\ Cm_{méd} = a + 3we - kwe \\ Cm_{sup} = 3c + a + kwe \end{cases}$$

Pour $k \geq 3$

$$\begin{cases} Cm_{inf} = a \\ Cm_{méd} = a \\ Cm_{sup} = 3c + a + 3we \end{cases}$$

Les rapports des coûts marginaux dépendent ici de la part des coûts variables dans le coût total de production et du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire".

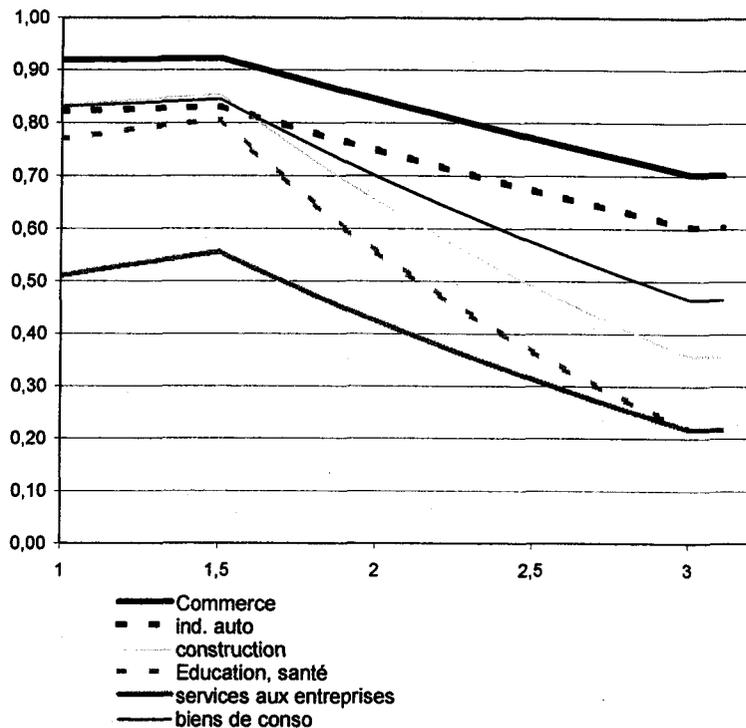
Toutes autres choses égales par ailleurs, plus la part des coûts variables dans le coût total de production sera élevée et plus les rapports des coûts marginaux seront élevés.

Examinons l'exigence de la première condition : $\frac{Cm_{méd}}{Cm_{sup}} \geq \frac{Rm_{méd}}{Rm_{sup}}$

Le rapport des coûts marginaux des deux périodes les plus hautes est une fonction légèrement croissante du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire" jusque $k=1.5$, décroissante ensuite.

Nous avons représenté pour quelques branches d'activité représentatives le rapport des coûts marginaux des deux périodes les plus hautes selon la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire" (Cf. graphique 5.19.). On voit clairement l'influence de la part des coûts variables dans le coût total de production sur le rapport des coûts marginaux. Le commerce – branche d'activité qui présente la part des coûts variables la plus élevée dans le coût total de production – connaît les rapports de coûts marginaux les plus élevés quelle que soit la valeur de k . Quant aux services aux entreprises – branche d'activité qui connaît la part des coûts variables dans le coût total de production la plus faible – ils présentent les rapports de coût marginaux les plus faibles. Les autres branches d'activité s'insèrent, quant à elles, entre ces deux cas extrêmes selon la part des coûts variables dans leur coût total de production.

Graphique 5.19.
Rapport des coûts marginaux des deux périodes les plus hautes
selon la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire"



Si l'on se réfère au tableau 5.8., on peut conclure que jusqu'à un surcoût k de 1.5, la première condition d'absence de lissage des ventes a des chances d'être réalisée dans la plupart des entreprises. Le rapport des coûts marginaux est généralement supérieur à 0.75 de sorte que, pour des valeurs raisonnables de l'élasticité prix (jusque -2), l'entreprise doit connaître des fluctuations de demande de l'ordre de 1.5 à 1.75 pour que la condition soit vérifiée. Seules les firmes appartenant à la branche des services aux entreprises ont peu de chance de voir cette condition se réaliser : même pour une élasticité prix de la demande très faible, il faudrait que la demande adressée à ces entreprises varie du simple à plus du double pour qu'elles ne lissent pas leurs ventes en jouant fortement sur les prix.

A partir d'un surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre temporaire de 1.5, on observe une nette décroissance du rapport des coûts marginaux quelle que soit la branche d'activité. Les chances que la condition d'absence de lissage des

ventes se réalise diminuent considérablement et très rapidement avec l'augmentation de k . Seules les entreprises de la branche commerce (voire celles de l'industrie automobile) restent dans des valeurs de rapport de coûts marginaux telles que la condition d'absence de lissage des ventes puisse encore se réaliser.

Si l'on considère que la condition d'absence de lissage des ventes devient trop exigeante dès lors que le rapport des coûts marginaux est inférieur à 0.7 (i.e. dès lors que l'ampleur des fluctuations doit être supérieure à 2 pour une élasticité prix raisonnable (de l'ordre de -2)), on peut en déduire, pour chaque branche d'activité, à partir de quelle valeur du surcoût d'utilisation d'une main d'œuvre "supplémentaire", la condition d'absence de lissage des ventes n'est plus vérifiée.

Tableau 5.9.

Vérification de la première condition nécessaire à l'absence de lissage des ventes

	1^{ère} condition d'absence de lissage des ventes
<i>Services aux entreprises</i>	Jamais vérifiée
<i>Education, santé, action sociale</i>	Vérifiée pour $k < 1.6$
<i>Construction</i>	Vérifiée pour $k < 1.8$
<i>Industrie des biens de conso.</i>	Vérifiée pour $k < 2$
<i>Industrie automobile</i>	Vérifiée pour $k < 2.3$
<i>Commerce</i>	Vérifiée quel que soit k

Etudions à présent la deuxième condition nécessaire à l'absence de lissage des ventes :

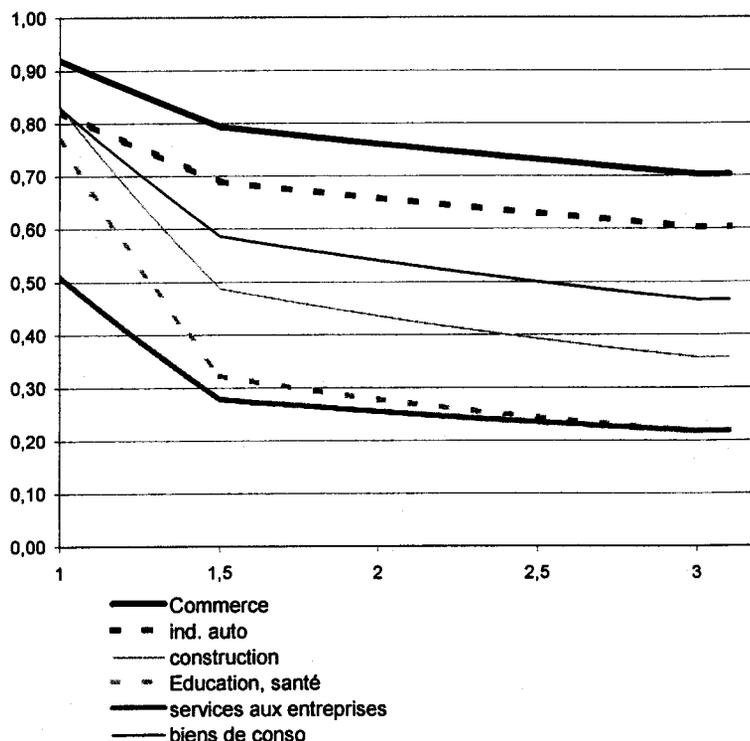
$$\frac{Cm_{inf}}{Cm_{sup}} \geq \frac{Rm_{inf}}{Rm_{sup}}$$

Le graphique 5.20. présente le rapport des coûts marginaux extrêmes selon la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire". C'est une fonction décroissante de k : fortement décroissante jusque $k=1.5$ puis décroissante à un taux plus faible ensuite.

On mesure ici l'ampleur totale des fluctuations de ventes sur l'année, on peut donc considérer que pour des valeurs raisonnables de l'élasticité prix, la deuxième condition d'absence de lissage des ventes peut être réalisée dès lors que le rapport des coûts marginaux est supérieur à 0.5. Cela correspond à des amplitudes de fluctuations moyennes de demande entre deux périodes

successives de l'ordre de 1.5 à 2 pour une élasticité prix égale à -2 (Cf. tableau 5.8.).

Graphique 5.20.
Rapport des coûts marginaux des périodes la plus basse et la plus haute selon la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire"



Si l'on examine, en fonction de la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire, les cas pour lesquels la condition d'absence de lissage des ventes est vérifiée, on obtient les conclusions suivantes :

Tableau 5.10.
Vérification de la deuxième condition nécessaire d'absence de lissage des ventes

	2 ^{ème} condition d'absence de lissage des ventes
Services aux entreprises	Jamais vérifiée
Education, santé, action sociale	Vérifiée pour $k < 1.3$
Construction	Vérifiée pour $k < 1.4$
Industrie des biens de conso.	Vérifiée pour $k < 2.5$
Industrie automobile	Vérifiée quel que soit k
Commerce	Vérifiée quel que soit k

Le degré d'exigence des conditions nécessaires d'absence de lissage des ventes dépend en premier lieu de l'ampleur des fluctuations de demande : plus elles seront importantes, plus l'une au moins des deux conditions aura de chances d'être vérifiée. Mais il dépend également :

- de la part des coûts variables dans le coût total de production : plus elle sera élevée, plus la condition sera exigeante et moins elle aura de chances d'être vérifiée ;
- du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire" : plus il sera important, plus la condition sera exigeante et moins elle aura également de chances d'être vérifiée.

On voit encore une fois ici les conséquences que peut avoir un assouplissement de la législation sur le surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre supplémentaire. Il peut permettre de passer d'une situation où les conditions d'absence de lissage des ventes ne sont pas vérifiées à une situation où elles le seraient.

Si les conditions nécessaires d'absence de lissage des ventes sont vérifiées sans difficulté dans le cas où l'entreprise lisse complètement sa production, elles sont beaucoup plus exigeantes lorsque l'entreprise ne lisse pas sa production. Elles restent réalisables mais dans un cadre assez restreint : l'entreprise doit connaître des variations de demande importantes ET supporter des coûts variables faibles ou un surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire pas trop élevé.

Il y a donc fort à penser que ces conditions ne seront pas vérifiées pour bon nombre d'entreprises. Elles s'adapteront par la flexibilité des prix et non par la flexibilité du travail et de l'emploi.

Deux raisons peuvent donc pousser une entreprise à ne plus lisser ses ventes alors qu'elle les lissait au moins partiellement jusqu'alors :

- une augmentation des fluctuations de demande.

Il faut cependant que le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre temporaire ne soit pas trop élevé. En effet, si k est élevé (>2.5), les conditions d'absence de lissage des ventes ne sont que rarement vérifiées. Pour des amplitudes de fluctuations de l'ordre de 2.8^{128} , elles ne le sont que pour l'industrie automobile

¹²⁸ Cela correspond à des rapports de coûts marginaux de 0.6 avec une élasticité prix égale à -2.

et le commerce. Pour des amplitudes de fluctuations de l'ordre de 4¹²⁹, elles le deviennent pour les autres industries, mais ne le sont toujours pas pour les autres branches d'activités. L'augmentation des fluctuations de demande ne peut donc avoir un impact sur la stratégie de commercialisation que si le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire n'est pas trop élevé.

- une baisse du surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre supplémentaire

Il faut cependant que l'amplitude des fluctuations ne soit pas trop faible : pour des amplitudes de fluctuations de l'ordre de 40%¹³⁰, les conditions d'absence de lissage des ventes ne sont jamais vérifiées quelle que soit la valeur de k (sauf pour la branche du commerce si $k < 1.8$).

CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons analysé les déterminants du choix la firme face à une demande soumise à des variations parfaitement prévisibles dans le but, rappelons-le, d'identifier les raisons qui peuvent pousser une firme à changer de modalités d'adaptation et notamment d'identifier celles qui peuvent la pousser à utiliser de manière plus importante la flexibilité du travail et de l'emploi.

Or, à la vue des résultats que nous avons obtenus, nous sommes amenés à considérer que les circonstances qui conduisent au choix de la flexibilité du travail et de l'emploi pour faire face à des variations prévisibles de demande (fluctuations saisonnières) dépendent du degré de flexibilité des prix sur le marché du produit.

Si les prix sont flexibles, l'espace ouvert à la flexibilité du travail et de l'emploi est très restreint. Il faut, d'une part, que la firme décide de ne pas lisser sa production – ce qui nécessite des coûts de stockage et de report de demande élevés – et d'autre part, qu'elle décide de ne pas lisser ses ventes – ce qui implique nécessairement que la firme connaisse de fortes fluctuations de demande et que parallèlement la part des coûts variables dans le coût total de

¹²⁹ Cela correspond à des rapports de coûts marginaux de 0.5 avec une élasticité prix égale à -2.

¹³⁰ Les rapports de coûts marginaux sont dans ce cas égaux à 0.85 avec une élasticité prix égale à -2.

production et le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire soient faibles.

Si, par contre, les prix sont rigides, l'espace des possibles s'ouvre considérablement. Les fluctuations de demande s'imposent directement à la production. Il suffit alors d'un coût de stockage et de report relativement élevé couplé à un surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire" pas trop important pour que l'entreprise ne soit pas incitée à stabiliser sa production et qu'elle utilise la flexibilité du travail et de l'emploi pour s'adapter aux fluctuations de demande. L'ampleur des fluctuations de demande est dans ce cas un élément complètement sans effet sur le choix de la firme. Quelle que soit leur ampleur, elles ne seront jamais à l'origine d'une modification du choix stratégique de la firme.

Qu'est-ce qui pourrait dès lors expliquer un développement de la flexibilité du travail et de l'emploi ? On ne peut, sur la base de notre analyse, proposer que trois explications.

La première serait une augmentation de l'ampleur des fluctuations de demande. Cette explication, fréquemment évoquée dans la littérature, suppose néanmoins des conditions fortes : fluctuations de demande importantes, flexibilité des prix, coûts de stockage et de report élevés, faible surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire et faibles coûts variables.

La deuxième explication possible serait un changement du coût relatif des ajustements : une hausse des coûts de report et de stockage, une baisse des surcoûts de main-d'œuvre, une augmentation de la part variable du coût de production. Ces explications sont les seules si l'on suppose que les prix sont et ont toujours été rigides ; mais elles valent également en cas de flexibilité des prix.

Enfin la dernière explication résiderait dans le basculement d'un régime où les ajustements infra-annuels des prix pouvaient se produire à un régime de prix rigides selon les saisons. Cette explication ne vaut toutefois que pour les entreprises dans lesquelles la stabilisation de l'emploi n'était que la conséquence de la stabilisation des ventes. En effet, lorsque, les coûts de stockage ou de report sont suffisamment faibles pour inciter à une stabilisation

de la production, l'entreprise ne stabilise pas ses ventes et fait peu appel à des variations de prix.

Si ces trois explications sont fondées sur le plan analytique, sont-elles également fondées sur le plan empirique ? On peut légitimement penser que non.

La première explication suppose des conditions nombreuses et exigeantes. Elle suppose en particulier des fluctuations infra-annuelles de prix plus amples que par le passé. Or, c'est exactement le contraire que nous observons en Europe depuis trente ans.

La baisse de l'ampleur des fluctuations infra-annuelles de prix ne peut, en effet, s'expliquer, sous l'hypothèse de flexibilité des prix, que par un déplacement du choix productif de la firme vers un lissage complet de la production. Dans un tel scénario, l'entreprise n'a pas intérêt à lisser ses ventes et ne fait donc pas (ou peu) fluctuer ses prix. Cependant le lissage complet de la production incite le développement de l'emploi permanent et non celui de l'emploi temporaire.

Cet argument rend alors séduisant le troisième scénario d'une moindre flexibilité des prix comme cause d'une plus forte flexibilité de l'emploi avec comme facteur " accompagnateur " une hausse du coût du stockage et du report et une baisse du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire.

Reste que les conclusions sont établies sous l'hypothèse que la firme connaît ex ante les fluctuations de demande auxquelles elle sera soumise. Qu'en est-il si ces fluctuations ne sont pas prévisibles ?

CHAPITRE 6

CHOIX STRATEGIQUE DES FIRMES EN ENVIRONNEMENT INCERTAIN

Lorsque la firme est soumise à des variations d'environnement imprévisibles, les modalités d'adaptation à sa disposition changent en partie : son choix ne se pose alors plus dans les mêmes termes.

La raison principale est que, face à des variations de demande prévisibles, la firme prend toutes ses décisions ex ante car elle connaît ex ante le niveau de demande relatif à chacune des sous-périodes ; alors que face à des variations imprévisibles, elle doit également prendre de nombreuses décisions ex post, tenant compte cette fois des niveaux de demande qu'elle constate a posteriori.

Dans cette configuration, l'ajustement par les prix est souvent beaucoup plus difficile à mettre en oeuvre. Il existe certes des marchés sur lesquels les modifications de prix s'opèrent facilement et rapidement : les "marchés de bourse" (Vaneecloo, 1983). Sur ces marchés, les intentions d'offre et de demande étant centralisées et l'information immédiatement prise en compte, la flexibilité des prix est alors assurée. On pense ainsi au marché des matières premières où la cotation se fait au jour le jour. Cependant, les firmes opèrent généralement sur des "marchés d'échoppe"; marchés sur lesquels aucune centralisation des intentions d'offre et de demande n'est faite. Chacun doit définir la politique de prix qu'il entend mener. Il faut donc, sur ces marchés, un certain temps pour modifier le prix affiché. Ce délai rend alors cette modalité d'adaptation inefficace dès lors que les variations d'environnement sont aléatoires (Cf. chapitre 4). On supposera donc dans ce chapitre que la firme ne peut pas modifier son prix de ventes ex post selon les circonstances. Elle choisit ainsi sa politique de prix ex ante en fonction de son coût de production et du taux de marge qu'elle souhaite s'octroyer et s'y tiendra quelles que soient les variations de demande qu'elle subira au cours de l'année.

Les quantités vendues suivent ainsi les mêmes variations que celles de la demande et les décisions de la firme ne se prennent plus qu'à deux niveaux :

- au niveau de la production
- au niveau des effectifs

Face à la demande qui lui est adressée, la firme doit donc déterminer les quantités à produire. Elle peut, comme en environnement certain, décider de produire à chaque sous-période la quantité demandée au prix p qu'elle aura fixé ou au contraire lisser sa production sur l'année via le stockage et le report de demande.

Néanmoins – et c'est là une différence avec les situations examinées au chapitre précédent – face à des variations d'environnement imprévisibles, si la firme veut satisfaire toute la demande qui lui sera adressée, quelle qu'elle soit, elle doit ou se doter d'un stock tampon¹³¹ – cas d'un lissage complet de la production – ou se doter d'une capacité de production élevée – cas d'une absence de lissage de la production – qui ne serviront peut-être pas.

Or, avoir une capacité inutilisée peut conduire à des surcoûts très importants. Il peut alors être plus avantageux pour la firme de limiter la capacité installée et prendre le risque de ne pas servir une partie de sa demande. Un arbitrage s'offre ainsi à la firme dès lors qu'elle décide de ne pas lisser sa production : s'obliger à satisfaire toute sa demande quelle que soit son importance et installer une capacité de production suffisante pour y faire face et risquer d'être en surcapacité ou abandonner l'idée d'être capable de faire face à toute demande, limiter la capacité installée et prendre le risque de devoir rationner la demande dès lors que celle-ci s'avérerait trop importante.

De la même manière, le stock tampon, nécessaire si l'entreprise souhaite lisser sa production via le stockage (ou le carnet de commande "tampon" si elle entend lisser la production via le seul report), peut également conduire à un surcoût non négligeable. On peut dans ce cas se demander si la firme n'a pas intérêt à utiliser "conjointement" stockage et report de demande afin de réduire les coûts supportés.

Il y a ainsi des différences marquées entre le problème de la firme qui fait face à des fluctuations prévisibles de demande et celui de la firme qui fait face à des

¹³¹ ou d'un report tampon (i.e. d'un carnet de commandes de début de période) si elle préfère le report de demande au stockage parce que le coût de ce report serait inférieur au coût de stockage.

fluctuations aléatoires. Des possibilités que l'on pouvait écarter redeviennent des stratégies possibles et des moyens qui étaient alternatifs (le stockage OU le report) peuvent devenir complémentaires.

Le problème que cherche à résoudre la firme ne se posant plus dans les mêmes termes, on peut dès lors se demander si les déterminants de son choix changent et notamment, si l'ampleur des variations de demande – jusqu'alors sans effet sur son choix – ne joue pas cette fois un rôle.

Nous allons, dans ce chapitre, examiner les déterminants du choix de la firme lorsque la demande est soumise à des variations d'environnement imprévisibles. Notre objectif reste d'expliquer les changements de comportement en matière d'absorption des fluctuations et notamment d'expliquer le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi. Une plus grande imprévisibilité de la demande peut-elle être à l'origine de ce phénomène ? Ou doit-on considérer que seul le changement de coût relatif des différentes options est, comme dans le cas de fluctuations prévisibles, le facteur le plus probable de tels changements ?

Nous supposerons dans ce chapitre que la demande prévisible, notée D , est constante au cours de l'année et qu'à cette demande s'ajoute un aléa U_t à chaque sous-période. Le nombre de sous-périodes avait, sur la base des analyses empiriques du chapitre II, été réduit à trois dans le cas des fluctuations saisonnières d'activité. Cette simplification du problème n'est plus possible ici. Le découpage adéquat de l'année en nombre de sous-périodes dépend de l'activité de la firme et de la gestion qu'elle nécessite. L'activité d'une boulangerie, par exemple, nécessite une gestion journalière voir bi-journalière de la demande. Il est donc logique de décomposer l'année en 365, voire 730 sous-périodes pour ce type d'entreprises. Par contre, un garagiste ou un coiffeur gère son activité de manière hebdomadaire. Ce type d'activité demandera donc un découpage de l'année en 52 sous-périodes. Les entreprises de peinture, et de BTP en générale, gèrent, quant à elle, généralement leur activité à un niveau mensuel. L'année doit alors être découpée en 12 sous-périodes, etc... Nous appellerons n , le nombre de sous-périodes et analyserons le problème théorique de caractérisation des optima en toute généralité (i.e. quel que soit n).

Enfin, partant du principe énoncé par Holt et Modigliani (1964), selon lequel, face à des variations d'environnement imprévisibles, "tout ce que l'on peut

demander à la règle de décision c'est de minimiser les coûts en moyenne, c'est à dire de conduire à la longue, à un coût moyen inférieur à celui que donnerait toute autre règle basée sur les mêmes prévisions", nous supposons – hypothèse classique – la firme neutre au risque et raisonnerons donc tout au long de ce chapitre en espérance mathématique.

Nous chercherons dans une première partie à quel niveau la firme doit fixer son effectif dès lors qu'elle fait le choix de ne pas lisser sa production et d'utiliser la flexibilité du travail et de l'emploi pour s'adapter aux variations de demande. Nous supposons dans un premier temps que la firme souhaite satisfaire toute la demande qui lui est adressée, puis dans un deuxième temps, nous intégrerons la possibilité d'un rationnement de demande.

Dans une deuxième partie, nous étudierons l'autre stratégie possible : le lissage complet de la production. Nous montrerons alors que stockage et report ne sont plus, face à une demande soumise à des variations imprévisibles, deux modalités d'adaptation exclusives : la firme a généralement intérêt à utiliser conjointement report de demande et stockage afin de réduire le stock tampon nécessaire pour satisfaire toute sa demande.

Une fois les deux situations optimales clairement définies, nous analyserons alors – ce sera l'objet de notre troisième section – les déterminants du choix de la firme et chercherons ce qui peut la pousser à passer d'une stratégie à l'autre.

1. ABSENCE DE LISSAGE DE LA PRODUCTION

Nous allons dans cette première section examiner la situation d'absence de lissage de la production. Nous supposons dans un premier temps que la firme satisfait toute la demande qui lui est adressée et chercherons son niveau d'effectif permanent optimal.

Satisfaire toute la demande dans un contexte incertain oblige la firme à installer une capacité de production dont elle n'est pas sûre qu'elle sera effectivement utilisée. Apparaît alors un arbitrage : est-il plus intéressant pour elle de risquer d'être en surcapacité productive pour être certaine de satisfaire toute sa demande ou vaut-il mieux pour elle rationner une partie de sa demande et ainsi réduire sa capacité de production ? Nous tenterons donc, dans un deuxième

temps, de comprendre dans quels termes se pose l'arbitrage de la firme et de répondre à cette question.

1.1. Choix du niveau d'effectif permanent optimal

Soit D_t la demande adressée à l'entreprise à chaque sous-période t .

$$\forall t \quad D_t = D + U_t$$

où D = la demande prévisible supposée constante

U_t = la demande aléatoire avec $\forall t \quad U_t \sim L_t(0, \sigma_{U_t}^2)$

Nous supposerons dans ce premier point que la firme satisfait toute la demande qui lui est adressée sans report ni stockage. La production de la sous-période t est donc égale à la demande :

$$\forall t \quad Q_t = D_t$$

On cherche le niveau d'emploi permanent optimal E qui maximise son espérance de profit, ou, programme équivalent, le niveau d'emploi permanent optimal E qui minimise l'espérance du coût de main-d'œuvre.

L'espérance du coût de main-d'œuvre peut s'écrire comme suit :

$$E(\text{CMO}) = E\left(\sum_{t=1}^n \text{CMO}_t\right) = \sum_{t=1}^n E(\text{CMO}_t)$$

Le coût salarial au cours de chaque sous-période t dépend, comme en environnement certain, de l'adéquation entre le besoin de travail H permettant de satisfaire la production et le nombre d'heures de travail h réalisées par l'effectif permanent E .

$$\begin{cases} \text{Si } H_t \leq Eh & \text{CMO}_t = wEh \\ \text{Si } H_t \geq Eh & \text{CMO}_t = wEh + kw(H_t - Eh) \end{cases}$$

Quantité produite et quantité demandée étant identiques, on peut écrire le besoin de travail de chaque sous-période comme suit :

$$\forall t \quad H_t = eQ_t = eD_t = e(D + U_t)$$

Sans aléa, la demande adressée à chaque sous-période t serait constante :

$$\forall t \quad D_t = D$$

Le niveau d'effectif permanent serait alors fixé par la firme tel qu'il satisfasse D à chaque sous-période t . La quantité produite par l'effectif permanent optimal face à une demande aléatoire peut dès lors s'écrire :

$$Q_E = D + u_E$$

Où D correspond à la quantité produite optimale par l'effectif permanent lorsque l'aléa est nul

u_E est la correction à apporter à la quantité produite par l'effectif permanent face à l'aléa pour qu'elle soit optimale

On peut alors réécrire le coût de main-d'œuvre de la firme comme suit :

$$\begin{cases} \text{Si } U_t \leq u_E & \text{CMO}_t = we(D + u_E) \\ \text{Si } U_t \geq u_E & \text{CMO}_t = we(D + u_E) + kwe(U_t - u_E) \end{cases}$$

Si l'aléa de la sous-période t est inférieur au correctif apporté à la quantité produite par l'effectif permanent, l'entreprise ne travaille qu'avec son effectif permanent et n'emploie pas de main-d'œuvre "supplémentaire". Par contre, si l'aléa de la sous-période t est supérieur au correctif apporté à la quantité produite par l'effectif permanent, alors la firme emploiera de l'effectif "supplémentaire" pour satisfaire le différentiel de production.

Nous allons donc chercher ici la correction à apporter à la quantité produite par l'effectif permanent u_E permettant de minimiser l'espérance du coût de main-d'œuvre de la firme.

Soit $f_t(u)$ la densité de probabilité de U_t au point u

$$\begin{aligned}
 E(\text{CMO}) &= \sum_{t=1}^n \left[\int_{-\infty}^{+\infty} f_t(u) \text{CMO}_t du \right] \\
 &= \sum_{t=1}^n \left[\int_{-\infty}^{u_E} f_t(u) [we(D + u_E)] du + \int_{u_E}^{+\infty} f_t(u) [we(D + u_E) + kwe(u - u_E)] du \right] \\
 &= \sum_{t=1}^n \left[we(D + u_E) \int_{-\infty}^{u_E} f_t(u) du + we(D + u_E) \int_{u_E}^{+\infty} f_t(u) du + \int_{u_E}^{+\infty} kwe(u - u_E) f_t(u) du \right] \\
 &= \sum_{t=1}^n \left[we(D + u_E) + kwe \int_{u_E}^{+\infty} (u - u_E) f_t(u) du \right] \\
 &= \sum_{t=1}^n \left[we(D + u_E) + kwe \int_{u_E}^{+\infty} u f_t(u) du - kwe \int_{u_E}^{+\infty} u_E f_t(u) du \right]
 \end{aligned}$$

Pour trouver l'optimum, il suffit d'annuler la dérivée de cette expression par rapport à u_E , soit :

$$\begin{aligned}
 \frac{dE(\text{CMO})}{du_E} = 0 &\Leftrightarrow \sum_{t=1}^n \left[we - u_E f_t(u_E) kwe - kwe \int_{u_E}^{+\infty} f_t(u) + u_E f_t(u_E) kwe \right] = 0 \\
 &\Leftrightarrow \sum_{t=1}^n [we - kwe P(U > u_E)] = 0 \\
 &\Leftrightarrow \sum_{t=1}^n [we(1 - kP(U > u_E))] = 0
 \end{aligned}$$

et si l'on pose $\bar{P}(U > u_E) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n P(U > u_E)$, alors $\bar{P}(U > u_E) = \frac{1}{k}$

d'où $\bar{P}(U \leq u_E) = 1 - \bar{P}(U > u_E) = \frac{k-1}{k}$

En moyenne sur l'année, la probabilité que l'effectif permanent soit suffisant pour satisfaire toute la demande est égale à $\frac{k-1}{k}$. On peut interpréter cette probabilité comme la part du temps où l'entreprise ne va fonctionner qu'avec son effectif permanent. Ainsi, si le surcoût des heures en supplément est de 25% ($k=1,25$), l'entreprise ne fonctionnera en heures normales avec son seul personnel permanent que 20% du temps (pendant les 80% restant, elle utilisera du personnel intérimaire ou des heures supplémentaires). Si le surcoût est de 100% ($k=2$), l'entreprise travaillera uniquement sur heures normales la moitié

du temps etc... On retrouve ici le même résultat qu'en environnement certain¹³².

Si l'entreprise ne subit pas de surcoût lorsqu'elle fait appel à une main-d'œuvre temporaire ou à des heures supplémentaires pour faire face à la production (c'est à dire si $k = 1$), elle n'a aucun intérêt à fixer un haut niveau d'emploi permanent, et choisira l'effectif le plus faible possible. Si, au contraire, le surcoût est considérable (infini), la firme qui veut satisfaire son plan de production sera amenée à fixer son effectif de façon à faire face au plus haut niveau d'activité. Ce faisant, la main-d'œuvre sera "payée à ne rien faire" pendant les périodes basses. Entre ces deux extrêmes, l'entreprise absorbera sur effectif permanent une part des périodes de baisse activité d'autant plus grande que k sera grand.

Le choix de l'effectif ne dépend donc, comme en environnement certain, que du surcoût lié à l'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire". La nature de l'aléa, sa variabilité n'a aucune influence sur le choix de la firme. On peut donc en conclure que l'imprévisibilité de la demande ne modifie pas les déterminants du choix de la firme concernant la fixation du niveau de ses effectifs¹³³.

Cependant, si les déterminants du choix de la firme sont identiques que les variations d'environnement soient prévisibles ou imprévisibles, le niveau d'effectif permanent employé par la firme risque d'être différent. Ce dernier ne dépend que du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire. Or, lorsque les variations d'environnement sont imprévisibles, le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est généralement plus élevé que lorsqu'elles sont prévisibles. La firme, face à des variations d'environnement imprévisibles, aura ainsi tendance à employer un niveau de main-d'œuvre permanente plus élevé. La conclusion à laquelle nous aboutissons est assez surprenante car elle va à l'encontre de l'idée reçue selon laquelle face à l'incertitude la firme favoriserait l'emploi d'une main-d'œuvre "supplémentaire" au détriment de l'emploi permanent !¹³⁴

¹³² Le petit écart de $1/n$ tient au fait qu'en environnement certain nous avons raisonné en temps discret. Si au lieu de raisonner en temps discret, nous avons raisonné en temps continu, nous aurions obtenu exactement le même résultat.

¹³³ Cette conclusion rend le résultat présenté général : il peut s'appliquer à toute entreprise quel que soit la nature de la demande qui lui est adressée.

¹³⁴ Il faut cependant distinguer l'incertitude qui pèse sur l'activité à l'intérieur d'une année de l'incertitude à plus long terme sur la tendance de l'activité. Cette conclusion ne remet pas en

1.2. Rationnement

Face à des variations d'environnement imprévisibles se pose la question du rationnement de demande. En effet, si la firme cherche à satisfaire toute sa demande, elle doit fixer sa capacité de production en conséquence i.e. telle qu'elle puisse satisfaire la demande la plus haute de l'année :

$$Q^* = \max\{D_1, D_2, \dots, D_t, \dots, D_n\}$$

La demande adressée à chaque sous-période pouvant se décomposer comme suit :

$$\forall t \quad D_t = D + U_t$$

où D = la demande prévisible supposée constante
 U_t = la demande aléatoire avec $\forall t \quad U_t \sim L_t(0, \sigma_{U_t}^2)$

elle doit fixer sa capacité de production telle que :

$$Q^* = D + \max\{U_1, U_2, \dots, U_t, \dots, U_n\}$$

Ainsi, si la firme souhaite satisfaire toute sa demande, elle devra envisager la pire des situations en matière d'aléa pour fixer sa capacité de production, situation qui ne se produira peut-être jamais ! On comprend alors aisément que, la capacité de production devant être fixée ex ante, si la firme s'oblige à toujours servir la demande, elle fonctionnera inévitablement la plupart du temps en surcapacité productive.

On peut dès lors se demander, si face à des variations d'environnement imprévisibles, la firme n'a pas intérêt à prendre le risque d'éventuellement rationner une partie de sa demande et fixer sa capacité de production à un niveau plus bas.

Nous allons donc chercher dans ce deuxième point la capacité de production optimale Q^* qui maximise le profit de l'entreprise.

cause l'idée selon laquelle une incertitude sur la tendance de l'activité peut conduire l'entreprise à employer un volet de main-d'œuvre temporaire plus important afin de se prémunir à terme du risque de licencier une main-d'œuvre permanente.

Sans aléa, la demande adressée à chaque sous-période t est constante :

$$\forall t \quad D_t = D$$

La capacité de production Q^* serait alors fixée par la firme telle qu'elle puisse produire D à chaque sous-période. On a en effet dans ce cas : $Q_t = V_t = D_t = D$.

La capacité de production optimale face à une demande aléatoire peut donc s'écrire :

$$Q^* = D + u^*$$

Où D correspond à la capacité de production optimale lorsque l'aléa est nul
 u^* la correction à apporter à la capacité de production pour qu'elle soit optimale face à l'aléa

Deux cas se présentent :

$Q_t \leq Q^*$: la capacité de production optimale est supérieure à la quantité que souhaite produire l'entreprise à la sous-période t . Dans ce cas :

$$Q_t = V_t = D_t = D + U_t$$

$Q_t > Q^*$: la capacité de production est insuffisante pour produire la quantité souhaitée à la sous-période t . Dans ce cas :

$$Q_t = Q^* = D + u^* < D_t$$

Ainsi :

$$\begin{cases} Q_t = D + U_t & \text{si } U_t \leq u^* \\ Q_t = D + u^* & \text{si } U_t > u^* \end{cases}$$

Nous allons donc chercher le correctif u^* qui maximise l'espérance de profit de la firme.

$$E(\Pi) = E \left[p \sum_{t=1}^n Q_t - \left[ncQ^* + a \sum_{t=1}^n Q_t + \sum_{t=1}^n CMO_t \right] \right]$$

$$= E \left(\sum_{t=1}^n Q_t \right) (p - a) - ncQ^* - E \left(\sum_{t=1}^n CMO_t \right)$$

Or, $E \left(\sum_{t=1}^n CMO_t \right) = \sum_{t=1}^n E(CMO_t)$ et $E \left(\sum_{t=1}^n Q_t \right) = \sum_{t=1}^n E(Q_t)$

Donc, $E(\Pi) = \sum_{t=1}^n E(Q_t)(p - a) - nc(D + u^*) - \sum_{t=1}^n E(CMO_t)$

Examinons les coûts de main-d'œuvre :

Si $u_E \leq u^*$ alors

$$\begin{cases} \text{Si } U_t \leq u_E & CMO_t = weQ_E = we(D + u_E) \\ \text{Si } u_E \leq U_t \leq u^* & CMO_t = weQ_E + kwe(U_t - u_E) = we(D + u_E) + kwe(U_t - u_E) \\ \text{Si } u_E \leq u^* \leq U_t & CMO_t = weQ_E + kwe(u^* - u_E) = we(D + u_E) + kwe(u^* - u_E) \end{cases}$$

Il est possible que la firme, en rationnant la demande, "rationne" également le correctif de main-d'œuvre u_E . Elle travaille dans ce cas uniquement avec de la main-d'œuvre permanente et la fixe de façon à pouvoir produire la quantité maximale accordée par la capacité de production.

On a dans ce cas $u_E = u^*$, et $CMO_t = we(D + u^*)$

Soit $f_t(u)$ la densité de probabilité de U_t au point u

$$E(CMO) = \sum_{t=1}^n E(CMO_t) = \sum_{t=1}^n \left[\int_{-\infty}^{+\infty} f_t(u) CMO_t du \right]$$

Si $u_E \leq u^*$ alors

$$\begin{aligned}
 E(\text{CMO}) &= \\
 &= \sum_{t=1}^n \left[\int_{-\infty}^{u_E} f_t(u) [we(D + u_E)] du + \int_{u_E}^{u^*} f_t(u) [we(D + u_E) + kwe(u - u_E)] du \right. \\
 &\quad \left. + \int_{u^*}^{+\infty} f_t(u) [we(D + u_E) + kwe(u^* - u_E)] du \right] \\
 &= \sum_{t=1}^n \left[we(D + u_E) \int_{-\infty}^{+\infty} f_t(u) du + kwe \int_{u_E}^{u^*} (u - u_E) f_t(u) du + kwe \int_{u^*}^{+\infty} (u^* - u_E) f_t(u) du \right] \\
 &= \sum_{t=1}^n \left[we(D + u_E) + kwe \int_{u_E}^{u^*} (u - u_E) f_t(u) du + kwe \int_{u^*}^{+\infty} (u^* - u_E) f_t(u) du \right]
 \end{aligned}$$

Par contre, si $u_E = u^*$, alors

$$E(\text{CMO}) = \sum_{t=1}^n \left[\int_{-\infty}^{+\infty} f_t(u) [we(D + u^*)] du \right] = \sum_{t=1}^n [we(D + u^*)]$$

Examinons les quantités produites

$$\begin{cases} Q_t = D + U_t & \text{si } U_t \leq u^* \\ Q_t = D + u^* & \text{si } U_t > u^* \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 E\left(\sum_{t=1}^n Q_t\right) &= \sum_{t=1}^n E(Q_t) = \sum_{t=1}^n \left[\int_{-\infty}^{+\infty} f_t(u) Q_t du \right] \\
 &= \sum_{t=1}^n \left[\int_{-\infty}^{u^*} f_t(u) (D + u) du + \int_{u^*}^{+\infty} f_t(u) (D + u^*) du \right] \\
 &= \sum_{t=1}^n \left[D + \int_{-\infty}^{u^*} u f_t(u) du + \int_{u^*}^{+\infty} u^* f_t(u) du \right]
 \end{aligned}$$

On peut réécrire l'espérance de profit :

$$\begin{aligned}
 E(\Pi) &= (p - a) \sum_{t=1}^n \left[D + \int_{-\infty}^{u^*} u f_t(u) du + \int_{u^*}^{+\infty} u^* f_t(u) du \right] - nc(D + u^*) \\
 &\quad - \sum_{t=1}^n \left[we(D + u_E) + kwe \int_{u_E}^{u^*} (u - u_E) f_t(u) du + kwe \int_{u^*}^{+\infty} (u^* - u_E) f_t(u) du \right]
 \end{aligned}$$

Si l'on annule la dérivée de la fonction objectif par rapport à u^* :

$$\frac{dE(\Pi)}{du^*} = (p-a) \frac{dE\left(\sum_{t=1}^n Q_t\right)}{du^*} - nc - \frac{dE\left(\sum_{t=1}^n CMO_t\right)}{du^*} = 0$$

$$\text{Or, } \frac{dE\left(\sum_{t=1}^n Q_t\right)}{du^*} = \sum_{t=1}^n \left[u^* f_t(u^*) - u^* f_t(u^*) + \int_{u^*}^{+\infty} f_t(u) du \right] = \sum_{t=1}^n P(U > u^*)$$

Et

$$\begin{aligned} \frac{dE\left(\sum_{t=1}^n CMO_t\right)}{du^*} &= \sum_{t=1}^n \left[kwe(u^* - u_E) f_t(u^* - u_E) - kwe(u^* - u_E) f_t(u^* - u_E) + kwe \int_{u^*}^{+\infty} f_t(u) du \right] \\ &= \sum_{t=1}^n \left[kwe \int_{u^*}^{+\infty} f_t(u) du \right] = kwe \sum_{t=1}^n P(U > u^*) \quad \text{si } u_E \leq u^* \end{aligned}$$

$$\frac{dE\left(\sum_{t=1}^n CMO_t\right)}{du^*} = \sum_{t=1}^n we = nwe \quad \text{si } u_E = u^*$$

On peut donc en déduire que

si $u_E \leq u^*$:

$$\begin{aligned} \frac{dE(\Pi)}{du^*} &= (p-a) \sum_{t=1}^n P(U > u^*) \\ -nc - kwe \sum_{t=1}^n P(U > u^*) &= 0 \end{aligned}$$

si $u_E = u^*$

$$\frac{dE(\Pi)}{du^*} = (p-a) \sum_{t=1}^n P(U > u^*) - nc - nwe = 0$$

Si l'on pose : $\bar{P}(U > u^*) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n P(U > u^*)$, on obtient la probabilité que l'entreprise rationne sa demande en moyenne sur l'année.

$$\begin{array}{l|l}
 \text{pour } u_E \leq u^* & \text{pour } u_E = u^* \\
 \frac{dE(\Pi)}{du^*} = \bar{P}(U > u^*)(p - a - kwe) - c = 0 & \frac{dE(\Pi)}{du^*} = (p - a)\bar{P}(U > u^*) - c - we = 0 \\
 \bar{P}(U > u^*) = \frac{c}{p - a - kwe} & \bar{P}(U > u^*) = \frac{c + we}{p - a}
 \end{array}$$

Ainsi, tant que $u_E \leq u^*$ (i.e. tant que $\frac{c}{p - a - kwe} \leq \frac{1}{k}$ ou encore, que $k \leq \frac{p - a}{c + we}$),

la part du temps où l'entreprise va rationner sa demande est égale à $\frac{c}{p - a - kwe}$.

Par contre dès que $k \geq \frac{p - a}{c + we}$, la part du temps où l'entreprise rationnera sa demande est égale à $\frac{c + we}{p - a}$.

Sachant que p , le prix de vente fixé par la firme, est lié au taux de marge qu'elle peut s'octroyer par la relation :

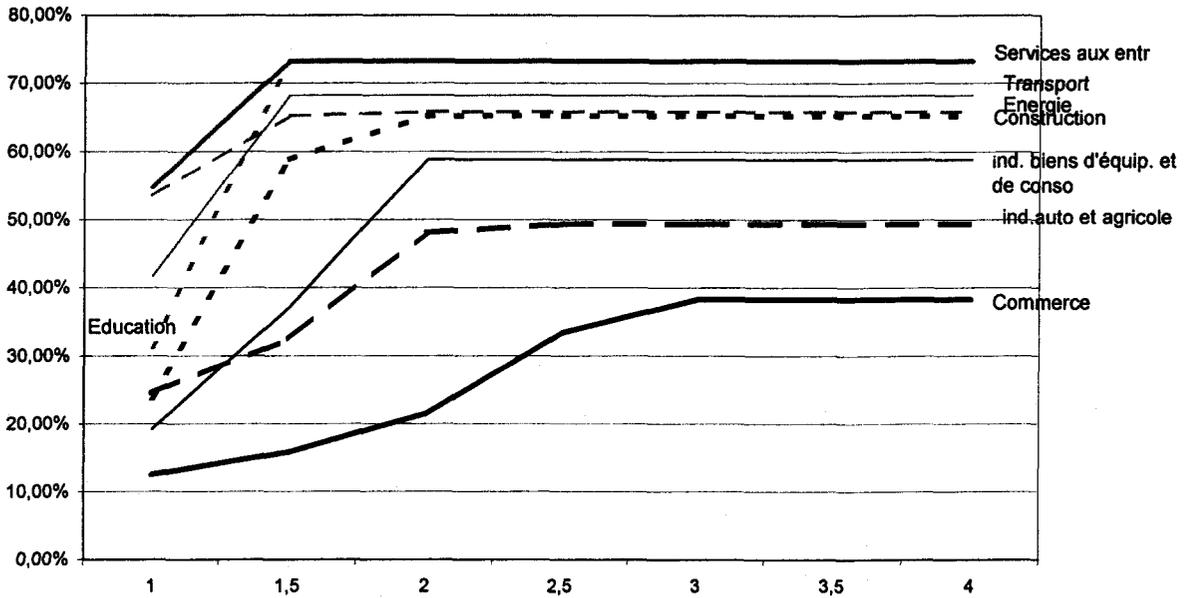
$$p = (c + a + we)(1 + TM)$$

où le taux de marge $TM = \frac{\alpha}{\alpha + 1} - 1$ avec α l'élasticité prix de la demande

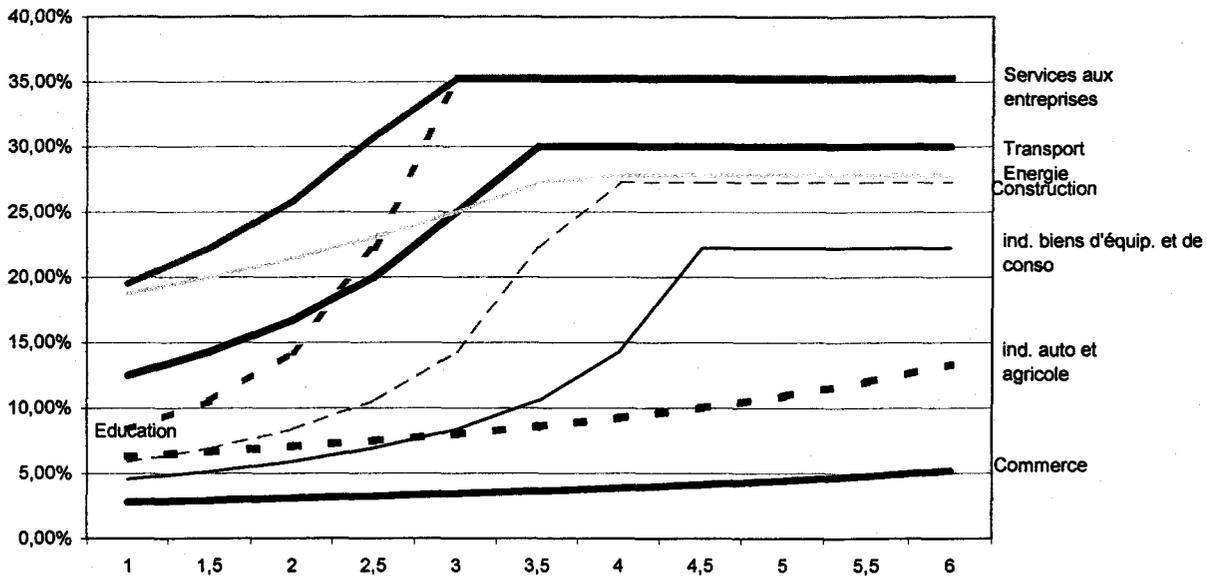
on peut ainsi calculer la part du temps où l'entreprise rationnerait sa demande selon sa branche d'activité et le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire¹³⁵ dans le cas où elle ne chercherait pas à lisser sa production en jouant sur le stockage .

¹³⁵ Grâce à la décomposition du coût total de production pour chaque branche d'activité que nous avons calculé dans le chapitre 5 à partir des comptes d'exploitation de l'économie française de 1998

Graphique 6.1.
Part du temps où l'entreprise va rationner sa demande en fonction de la valeur du surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre temporaire pour un taux de marge de 20% selon le secteur d'activité



Graphique 6.2.
Part du temps où l'entreprise va rationner sa demande en fonction de la valeur du surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre temporaire pour un taux de marge de 100% selon le secteur d'activité



On voit immédiatement en comparant ces deux graphiques que plus le taux de marge est élevé (i.e. plus l'élasticité prix est faible) et plus la part du temps où l'entreprise rationnera sa demande est faible.

La part du temps où l'entreprise rationnera sa demande dépend également de la part des coûts fixes dans le coût total de production. Ce résultat est intuitif : face à des coûts fixes importants, l'entreprise a intérêt à réduire sa capacité de production. La perte de profit engendrée par une demande éventuellement non satisfaite est plus faible que l'économie qu'elle fait en réduisant sa capacité de production.

Ainsi, les branches d'activité principalement sujettes au rationnement de demande sont les services aux entreprises, l'éducation, la santé, l'action sociale et dans une moindre mesure l'énergie, la construction, le transport et les services aux particuliers. A l'autre extrême, les branches qui rationneront le moins leur demande sont le commerce et les industries en général, notamment les industries agricoles et automobiles dès lors que les surcoûts d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire sont élevés

La deuxième conclusion importante que nous pouvons déduire de cette analyse concerne l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi. Lorsque l'entreprise rationne une partie de sa demande, elle "réduit" les demandes de hautes périodes. Or, la main-d'œuvre supplémentaire n'est utilisée par la firme que lorsque la main-d'œuvre permanente n'est plus suffisante pour satisfaire la production. C'est donc la main-d'œuvre supplémentaire qui subit en premier lieu ce rationnement. Ce résultat milite ainsi également pour une moindre utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi dès lors que les variations d'environnement subies par la firme sont imprévisibles.

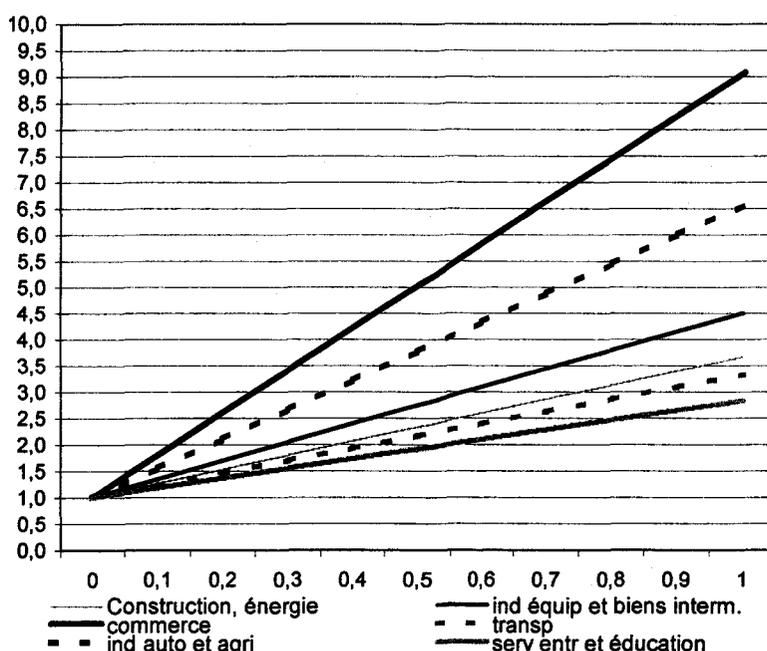
On peut aller un peu plus loin. On sait que dès que $k \geq \frac{p-a}{c+we}$, la firme fixe $u_E = u^*$. Elle n'utilise dans ce cas plus du tout de main-d'œuvre temporaire et fonctionne uniquement avec un effectif permanent.

Nous avons donc calculé pour les différentes branches d'activité la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire au dessus duquel

l'entreprise n'emploie plus que de la main-d'œuvre permanente (Cf. graphique 6.3.).

Ce graphique montre, sans grande surprise, que plus le taux de marge est faible – c'est à dire plus la part du temps où l'entreprise rationne sa demande est importante – et plus le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est élevé, plus l'entreprise a de chance de fonctionner uniquement avec de l'effectif permanent. Ainsi, les entreprises les plus sujettes au rationnement de demande sont celles qui auront le plus de chance de fonctionner uniquement avec de l'effectif permanent.

Graphique 6.3.
Valeur du surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre supplémentaire au dessus duquel l'entreprise ne fonctionnera qu'avec un effectif permanent ($u_E = u^*$) selon la branche d'activité et le taux de marge de la firme



Cette analyse de la situation d'absence de lissage de la production permet déjà de tirer des premières conclusions en matière d'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi.

L'imprévisibilité des variations d'environnement réduit significativement l'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire par la firme par le biais de deux canaux distincts:

- des surcoûts d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire généralement plus importants qui augmentent le niveau de main-d'œuvre permanente employé par la firme
- le rationnement de la demande qui réduit conjointement l'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire.

Ainsi, si la firme décide de ne pas lisser sa production et de lui faire suivre exactement les variations de demande, elle emploiera d'autant plus de main-d'œuvre supplémentaire que le surcoût d'utilisation de ce type de main-d'œuvre est faible et que le taux de marge qu'elle s'octroie est élevé (i.e. que l'élasticité prix est faible).

2. LISSAGE COMPLET DE LA PRODUCTION

Face à des variations d'environnement touchant la demande, dès lors que l'entreprise souhaite lisser sa production, elle a deux modalités d'adaptation envisageables : le report de demande ou le stockage. Lorsque les variations d'environnement sont parfaitement prévisibles, ces deux modalités sont exclusives : le choix de la firme se porte sur celle qui lui coûte le moins cher.

Dès lors que les variations d'environnement sont imprévisibles, l'entreprise privilégiera toujours pour lisser sa production la modalité d'adaptation la moins chère. Ainsi, si le stockage est moins coûteux pour la firme que le report de demande (i.e. si $s < r$), elle utilisera d'abord le stockage et si le report de demande est moins coûteux que le stockage (i.e. si $r < s$), elle utilisera d'abord le report. Il existe cependant une différence non négligeable : si la firme décide de lisser complètement sa production via le stockage, elle doit se doter d'un stock tampon pour pouvoir satisfaire toute sa demande. En effet, face à une demande aléatoire, l'entreprise n'est pas assurée, au cours d'une période t quelconque, de pouvoir satisfaire sa demande avec la production de la sous-période en question et les quantités qu'elle aura pu stocker jusqu'alors. Ainsi, si l'entreprise souhaite satisfaire toute sa demande, elle doit se placer dans "la pire" des situations pour elle en terme de stockage. La pire des situations serait que toutes les demandes de sous-périodes supérieures à la quantité produite se

produisent avant toutes les demandes de sous-périodes inférieures à la quantité produite. Ne pouvant dans ce cas pas satisfaire toute la demande des premières sous-périodes via les quantités produites dans ce laps de temps, elle doit se constituer un stock tampon S_T qui compense ce manque de production.

Symétriquement, si la firme décide de lisser sa production via le report de demande, elle devra se doter d'un "report tampon". Cela signifie concrètement qu'elle devra avoir un carnet de commandes de début de période afin de pouvoir faire face à la pire des situations pour elle en terme de report : c'est à dire que toutes les demandes de sous-périodes inférieures à la quantité produite se produisent avant toutes les demandes de sous-périodes supérieures à la quantité produite.

On comprend dès lors que la question du stock tampon ou du carnet de commande de début de période est essentielle dans le cas d'un lissage complet de la production et qu'il peut engendrer un surcoût non négligeable pour la firme. On peut ainsi se demander si, face à des variations d'environnement imprévisibles, la firme n'a pas intérêt à réduire son stock tampon et à reporter sa demande lorsque la production et la quantité stockée jusqu'alors sont insuffisantes pour la satisfaire ou, symétriquement, réduire son carnet de commandes de début de périodes et stocker dès lors que la demande devient inférieure à la quantité produite.

Deux questions se posent alors :

quel est le stock tampon optimal lorsque $s < r$?

quel est le "report tampon" optimal lorsque $r < s$?

Ces deux problèmes étant symétriques, nous chercherons ici à répondre à la première. On se place ainsi dans une situation où le stockage est moins coûteux que le report de demande et l'on se demande quel est le stock tampon optimal.

Soit D_t la demande adressée à l'entreprise à chaque sous-période t .

$$\forall t \quad D_t = D + U_t$$

où D = la demande prévisible supposée constante

U_t = la demande aléatoire avec $\forall t \quad U_t \sim L_t(0, \sigma_{U_t}^2)$

Soit $X_t = \sum_{j=1}^t U_j$ i.e. les écarts de demande cumulés en fin de sous-période t ,

soit $f_t(x)$ la densité de probabilité de X_t au point x ,

soient S_T le stock tampon initial,

QS_t la quantité en stock en fin de sous-période t ,

QR_t la quantité reportée en fin de sous-période t

Pour un stock tampon donné, le coût de stockage et de report est égal à :

$$s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t$$

Nous allons donc chercher ici le stock tampon S_T qui minimise l'espérance mathématique de ce coût :

$$E\left(s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t\right) = s \sum_{t=1}^n E(QS_t) + r \sum_{t=1}^n E(QR_t) = \sum_{t=1}^n [sE(QS_t) + rE(QR_t)]$$

Si, en fin de sous-période t , le stock tampon est supérieur aux écarts de demande cumulés, la firme a toujours une quantité en stock égal au différentiel du stock tampon et des écarts de demande cumulés.

$$QS_t = S_T - X_t \quad \text{si} \quad S_T \geq X_t$$

Ainsi,

$$E(QS_t) = \int_{-\infty}^{S_T} (S_T - x) f_t(x) dx = S_T \int_{-\infty}^{S_T} f_t(x) dx - \int_{-\infty}^{S_T} x f_t(x) dx = S_T P(X_t \leq S_T) - \int_{-\infty}^{S_T} x f_t(x) dx$$

Par contre, si en fin de sous-période t , le stock tampon est inférieur aux écarts de demande cumulés, alors, la firme n'a plus de quantité en stock mais à une quantité reportée égale au différentiel des écarts de demande cumulés et du stock tampon.

$$QR_t = X_t - S_T \quad \text{si} \quad S_T < X_t$$

$$\text{On a donc } E(QR_t) = - \int_{S_T}^{+\infty} (S_T - x) f_t(x) dx = -S_T P(X_t > S_T) + \int_{S_T}^{+\infty} x f_t(x) dx$$

Partant du différentiel des quantités stockées et reportées, on peut écrire l'espérance des quantités reportées en fonction de l'espérance des quantités stockées :

$$E(QS_t) - E(QR_t) = S_T (P(X_t \leq S_T) + P(X_t > S_T)) - \int_{-\infty}^{+\infty} x f_t(x) dx = S_T - E(X_t)$$

Or $E(X_t) = 0$ d'où $E(QS_t) - E(QR_t) = S_T \Leftrightarrow E(QR_t) = E(QS_t) - S_T$

Ainsi, l'espérance des coûts de stockage et de report est la suivante :

$$\begin{aligned} E\left(s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t\right) &= \sum_{t=1}^n [sE(QS_t) + rE(QR_t)] = \sum_{t=1}^n [sE(QS_t) + r(E(QS_t) - S_T)] \\ &= \sum_{t=1}^n [(s+r)E(QS_t) - rS_T] = \sum_{t=1}^n \left[S_T (s+r) P(X_t \leq S_T) - (s+r) \int_{-\infty}^{S_T} x f_t(x) dx - rS_T \right] \end{aligned}$$

Si l'on annule la dérivée de cette expression par rapport à S_T :

$$\frac{dE\left(s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t\right)}{dS_T} = \sum_{t=1}^n [(s+r)P(X_t \leq S_T) - r] = 0$$

et que l'on pose $\bar{P}(S_T) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n P(X_t \leq S_T)$

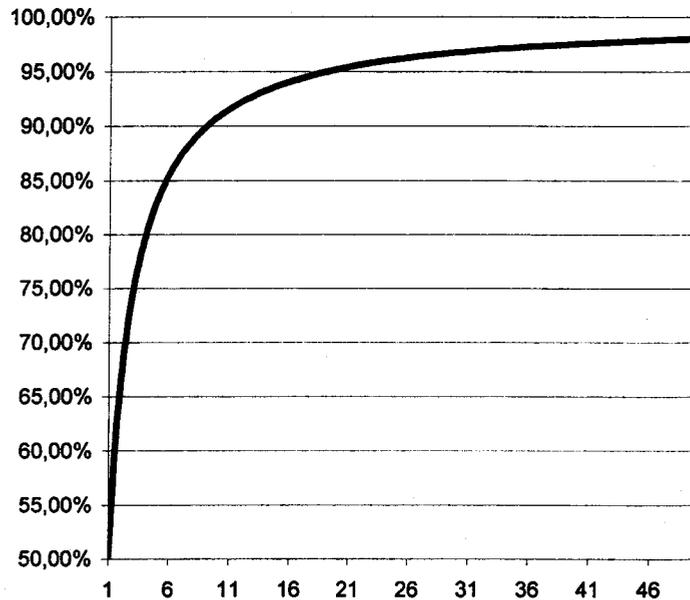
On a alors : $(s+r)\bar{P}(S_T) - r = 0$

$$\Leftrightarrow \bar{P}(S_T) = \frac{r}{s+r}$$

En moyenne sur l'année la probabilité que l'entreprise se contente du stock tampon pour satisfaire sa demande est égale à $\frac{r}{r+s}$ ¹³⁶. Cette probabilité peut s'interpréter comme la part du temps où l'entreprise va fonctionner uniquement avec un stock tampon. Cette part sera d'autant plus faible que le coût de report est faible. Or, comme $r \geq s$, on est certain que la firme va fonctionner au moins la moitié de l'année uniquement avec son stock tampon (cas où $r=s$)

¹³⁶ Symétriquement si $r < s$, la probabilité que la firme se contente de son carnet de commande de début de période est de $\frac{s}{r+s}$

Graphique 6.4.
Part du temps où l'entreprise va fonctionner uniquement avec un stock tampon selon la valeur du coût de report relativement au coût de stockage



Le graphique 6.4. présente la part du temps où l'entreprise va fonctionner uniquement avec un stock tampon selon la valeur du coût de report relativement au coût de stockage. On voit ici que les seuls cas qui peuvent pousser une firme à ne fonctionner qu'avec un stock tampon sont :

- un coût de stockage nul

$$\lim_{s \rightarrow 0} \frac{r}{r+s} = 1$$

- ou un coût de report très élevé relativement au coût de stockage

$$\lim_{r \rightarrow +\infty} \frac{r}{r+s} = 1$$

Face à des variations d'environnement imprévisibles, la firme utilisera donc généralement conjointement stockage et report si elle décide de lisser sa production. Cependant, plus l'écart de coût entre ces deux modalités d'adaptation sera important, plus l'entreprise utilisera stock ou report tampon et plus le choix de lisser complètement la production sera onéreux.

3. CHOIX STRATEGIQUE DE LA FIRME

Nous avons montré dans les deux premières parties de ce chapitre que, face à des variations d'environnement imprévisibles, que la firme décide de lisser complètement sa production ou qu'elle décide de ne pas la lisser du tout, elle ne mettra pas les mêmes moyens en œuvre pour y parvenir que face à des variations d'environnement prévisibles. Elle utilisera cette fois, d'un côté, généralement conjointement report et stockage, de l'autre, elle rationnera une partie de sa demande : son choix productif ne se pose donc plus dans les mêmes termes et il est alors tout à fait envisageable que les déterminants de son choix changent. Nous allons, dans cette troisième section, analyser le choix stratégique de la firme en environnement incertain en comparant les deux situations pures optimales que sont l'absence de lissage et le lissage complet de la production. Nous nous demanderons notamment si la variabilité de l'aléa est un élément essentiel dans le choix de la firme. Cette analyse se fera en deux temps. Afin d'avoir une base de comparaison de ces deux stratégies productives, on mesurera, dans un premier temps, la perte de profit qu'implique l'introduction de l'aléa à une demande constante pour chacune d'elles. Puis dans un deuxième temps, on comparera ces pertes de profit afin de mettre en évidence les déterminants de son choix.

3.1. Perte moyenne de profit du à l'introduction de l'aléa

3.1.1. Calcul du profit

Calculons tout d'abord le profit espéré par la firme sans aléa, puis avec aléa si elle décide de ne pas lisser sa production et enfin avec aléa si elle décide de lisser sa production

Le profit de la firme sans aléa

Soit l'écriture générale du profit de l'entreprise :

$$\Pi = p \sum_{t=1}^n Q_t - \left[ncQ^* + a \sum_{t=1}^n Q_t + \sum_{t=1}^n CMO_t + s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t \right]$$

Sans aléa, la demande adressée à l'entreprise à chaque sous-période t est la suivante :

$$\forall t \quad D_t = D$$

La firme produit à chaque sous-période la même quantité D , elle fixe sa capacité de production de sorte à satisfaire D , fonctionne uniquement avec un effectif permanent et utilise ni stockage, ni report de demande. On a donc :

$$\sum_{t=1}^n Q_t = nD$$

$$Q^* = D$$

$$\sum_{t=1}^n CMO_t = nweD$$

$$s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t = 0$$

Le profit est dans ce cas égal à :

$$\Pi_{sa} = n[D(p-a) - cD - weD] = nD(p-a-c-we)$$

Le profit de la firme avec aléa

Avec aléa, la demande adressée à l'entreprise à chaque sous-période t est la suivante :

$$\forall t \quad D_t = D + U_t$$

Si l'entreprise décide de ne pas lisser sa production

Si la firme décide de ne pas lisser sa production, elle utilise ni stockage, ni report de demande. L'espérance de profit peut s'écrire comme suit :

$$E(\Pi) = E\left(\sum_{t=1}^n Q_t\right)(p-a) - ncQ^* - E\left(\sum_{t=1}^n CMO_t\right)$$

Nous avons jusqu'à présent raisonné avec pour seule hypothèse la nullité de l'espérance mathématique des U_t . Tous les U_t pouvaient ainsi être de loi et de variance différentes. Il paraît cependant assez logique de supposer qu'un processus stationnaire gouverne les U_t . Sous cette hypothèse, tous les U_t sont de même loi et ont tous la même variance :

$$U_t \sim L(0, \sigma_U^2) \text{ où } L \text{ est stationnaire}$$

Cela implique que si l'équation est vraie en moyenne, elle est également vraie pour chacun d'eux.

$$\text{On a alors : } E\left(\sum_{t=1}^n Q_t\right) = nE(Q_t)$$

$$E\left(\sum_{t=1}^n CMO_t\right) = nE(CMO_t)$$

Ce qui permet de simplifier l'écriture de l'espérance de profit :

$$E(\Pi) = n[E(Q_t)(p - a) - cQ^* - E(CMO_t)]$$

La firme fixe alors sa capacité de production à $Q^* = D + u^*$ et produit à chaque sous-période : $E(Q_t) = D + \int_{-\infty}^{u^*} u f(u) du + \int_{u^*}^{+\infty} u^* f(u) du$.

Les coûts de main-d'œuvre dépendent, quant à eux, de la correction à apporter à la quantité produite par l'effectif permanent comparativement à la correction à apporter à la capacité de production face à l'aléa.

si $u_E \leq u^*$, alors

$$E(CMO_t) = we(D + u_E) + kwe \int_{u_E}^{u^*} (u - u_E) f(u) du + kwe \int_{u^*}^{+\infty} (u^* - u_E) f(u) du$$

et si $u_E = u^*$, alors

$$E(CMO_t) = we(D + u^*)$$

L'espérance de profit est donc égale à :

si $u_E \leq u^*$

$$\begin{aligned}
 E(\Pi_a) &= n \left[\left(D + \int_{-\infty}^{u^*} uf(u)du + \int_{u^*}^{+\infty} u^* f(u)du \right) (p-a) - c(D+u^*) \right. \\
 &\quad \left. - \left(we(D+u_E) + kwe \int_{u_E}^{u^*} (u-u_E)f(u)du + kwe \int_{u^*}^{+\infty} (u^*-u_E)f(u)du \right) \right] \\
 &= n \left[D(p-a-c-we) + \left(\int_{-\infty}^{u^*} uf(u)du + \int_{u^*}^{+\infty} u^* f(u)du \right) (p-a) - cu^* \right. \\
 &\quad \left. - \left(weu_E + kwe \int_{u_E}^{u^*} (u-u_E)f(u)du + kwe \int_{u^*}^{+\infty} (u^*-u_E)f(u)du \right) \right]
 \end{aligned}$$

si $u_E = u^*$,

$$\begin{aligned}
 E(\Pi_a) &= n \left[\left(D + \int_{-\infty}^{u^*} uf(u)du + \int_{u^*}^{+\infty} u^* f(u)du \right) (p-a) - c(D+u^*) - we(D+u^*) \right] \\
 &= n \left[D(p-a-c-we) + \left(\int_{-\infty}^{u^*} uf(u)du + \int_{u^*}^{+\infty} u^* f(u)du \right) (p-a) - cu^* - weu^* \right]
 \end{aligned}$$

Si la firme décide de lisser complètement sa production

Si la firme décide de lisser complètement sa production, elle utilise cette fois stockage et/ou report. L'espérance de profit est alors égale à :

$$E(\Pi) = E\left(\sum_{t=1}^n Q_t\right)(p-a) - ncQ^* - E\left(\sum_{t=1}^n CMO_t\right) - E\left(s\sum_{t=1}^n QS_t + r\sum_{t=1}^n QR_t\right)$$

Or, la firme, lissant sa production, produit à chaque sous-période la même quantité D, elle fixe sa capacité de production de sorte à satisfaire D et fonctionne uniquement avec un effectif permanent mais utilise ici stockage et report de demande. On a donc :

$$E\left(\sum_{t=1}^n Q_t\right) = nD$$

$$Q^* = D$$

$$E\left(\sum_{t=1}^n CMO_t\right) = nweD$$

$$E\left(s \sum_{i=1}^n QS_i + r \sum_{i=1}^n QR_i\right) = \sum_{i=1}^n \left[S_T (s+r) P(X_i \leq S_T) - (s+r) \int_{-\infty}^{S_T} x f_i(x) dx - r S_T \right]$$

L'espérance de profit est dans ce cas égale à :

$$E(\Pi_{sa}) = nD(p - a - c - we) - \sum_{i=1}^n \left[S_T (s+r) P(X_i \leq S_T) - (s+r) \int_{-\infty}^{S_T} x f_i(x) dx - r S_T \right]$$

3.1.2. Ecart de profit entre les situations avec aléa et sans aléa

On peut dès lors calculer l'écart de profit entre la situation sans aléa et avec aléa.

Si la firme décide de ne pas lisser sa production

si $u_E \leq u^*$,

$$\begin{aligned} E(\Pi_a - \Pi_{sa}) &= n \left[(p-a) \left[\int_{-\infty}^{u^*} u f(u) du + \int_{u^*}^{+\infty} u^* f(u) du \right] - cu^* \right. \\ &\quad \left. - we u_E - kwe \int_{u_E}^{u^*} (u - u_E) f(u) du - kwe \int_{u^*}^{+\infty} (u^* - u_E) f(u) du \right] \\ &= n \left[(p-a) \left[\int_{-\infty}^{u^*} u f(u) du + u^* P(U > u^*) \right] - cu^* \right. \\ &\quad \left. - we \left(u_E - ku_E P(u_E < U < u^*) + k \int_{u_E}^{u^*} u f(u) du + k(u^* - u_E) P(U > u^*) \right) \right] \\ &= n \left[(p-a) \left[\int_{-\infty}^{u^*} u f(u) du + u^* P(U > u^*) \right] - cu^* \right. \\ &\quad \left. - u_E \underbrace{we(1 - kP(U > u_E))}_{=0 \text{ à l'optimum}} - kwe \left[\int_{u_E}^{u^*} u f(u) du + u^* P(U > u^*) \right] \right] \\ &= n \left[(p-a) \int_{-\infty}^{u^*} u f(u) du + (p-a - kwe) u^* \underbrace{P(U > u^*)}_{= \frac{c}{p-a-kwe} \text{ à l'optimum}} - cu^* - kwe \int_{u_E}^{u^*} u f(u) du \right] \end{aligned}$$

$$= n \left[(p-a) \int_{-\infty}^{u^*} uf(u) du - kwe \int_{u_E}^{u^*} uf(u) du \right]$$

si $u_E = u^*$,

$$E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = n \left[(p-a) \left[\int_{-\infty}^{u^*} uf(u) du + u^* P(U > u^*) \right] - cu^* - weu^* \right]$$

$$= n \left[(p-a) \int_{-\infty}^{u^*} uf(u) du + u^* \left(\underbrace{(p-a)P(U > u^*) - c - we}_{=0 \text{ à l'optimum}} \right) \right]$$

$$= n(p-a) \int_{-\infty}^{u^*} uf(u) du$$

Si la firme décide de lisser complètement sa production

Si la firme décide de lisser sa production, l'écart de profit (en espérance) entre la situation sans aléa et avec aléa se résume aux seuls coûts de stockage et de report.

$$E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = -E \left(s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t \right) = - \sum_{t=1}^n \left[S_T (s+r) P(X_t \leq S_T) - (s+r) \int_{-\infty}^{S_T} xf_t(x) dx - rS_T \right]$$

Or, à l'optimum,
$$\frac{dE \left(s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t \right)}{dS_T} = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{t=1}^n [(s+r)P(X_t \leq S_T) - r] = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{t=1}^n [(s+r)P(X_t \leq S_T)S_T - rS_T] = 0$$

Si l'on remplace cette expression dans l'écart de profit, on obtient :

$$E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = -E \left(s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t \right) = \sum_{t=1}^n \left[(s+r) \int_{-\infty}^{S_T} xf_t(x) dx \right]$$

3.2. Comparaison des deux situations

Afin de trouver le choix stratégique de la firme, il faut comparer les écarts de profit obtenus pour les deux situations suivantes :

Situation d'absence de lissage de la production

$$\text{si } u_E \leq u^*, E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = n \left[(p-a) \int_{-\infty}^{u^*} uf(u) du - kwe \int_{u_E}^{u^*} uf(u) du \right]$$

$$\text{si } u_E = u^*, E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = n(p-a) \int_{-\infty}^{u^*} uf(u) du$$

Situation de lissage complet de la production

$$E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = -E \left(s \sum_{t=1}^n QS_t + r \sum_{t=1}^n QR_t \right) = \sum_{t=1}^n \left[(s+r) \int_{-\infty}^{s_T} xf_t(x) dx \right]$$

Le lissage complet de la production sera préféré à l'absence de lissage si :

$$\sum_{t=1}^n \left[(s+r) \int_{-\infty}^{s_T} xf_t(x) dx \right] \leq n \left[(p-a) \int_{-\infty}^{u^*} uf(u) du - kwe \int_{u_E}^{u^*} uf(u) du \right] \quad \text{lorsque } k \leq \frac{p-a}{c+we}$$

$$\sum_{t=1}^n \left[(s+r) \int_{-\infty}^{s_T} xf_t(x) dx \right] \leq n(p-a) \int_{-\infty}^{u^*} uf(u) du \quad \text{lorsque } k \geq \frac{p-a}{c+we}$$

Pour pouvoir comparer ces deux situations, il faut non seulement connaître la distribution des u_t mais également la distribution de leur somme (i.e. celle de x_t).

On fera l'hypothèse classique que les U_t suivent une loi normale

$$\forall t U_t \sim N(0, \sigma_U^2)$$

On a dans ce cas :

$$\int_{-\infty}^y uf(u) du = -\sigma_u \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma} \right)^2}$$

En réduisant avec $Y = \frac{U}{\sigma}$ (i.e. avec $y^* = \frac{u^*}{\sigma_u}$ et $y_E = \frac{u_E}{\sigma_u}$), l'écart de profit pour une situation d'absence de lissage de la production peut se réécrire immédiatement comme suit :

$$E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = n\sigma_u \left[(p - a - kwe) \left(-\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(y^*)^2} \right) - kwe \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(y_E)^2} \right] \text{ pour } u_E \leq u^*$$

et

$$E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = n\sigma_u \left[(p - a) \left(-\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(y^*)^2} \right) \right] \text{ pour } u_E = u^*$$

La distribution de la somme des U_t nécessite de plus de connaître la nature de la dépendance entre les U_t . Deux hypothèses "vraisemblables" peuvent être avancées.

Hypothèse 1 : les variations d'environnement sont indépendantes les unes des autres

La première hypothèse que l'on peut faire est que l'aléa touchant la demande d'une sous-période t quelconque ne dépend pas de l'aléa touchant les demandes des autres sous-périodes. Cette hypothèse signifie concrètement que les variations de demande d'un jour, d'une semaine ou d'un mois donné, n'influenceront pas celles des jours, des semaines ou des mois suivants.

On peut en effet penser que la demande adressée à la plupart des entreprises est soumise au moins en partie à ce type de variations d'environnement. Un client qui reçoit des amis à déjeuner achètera plus de pain ce jour là qu'habituellement. Il n'en achètera pas moins qu'habituellement pour autant le lendemain. De même, un client qui ne vient pas déjeuner un midi, comme à son habitude, dans le restaurant près de son lieu de travail, ne commandera pas pour autant deux fois plus de plats le lendemain !

Sous l'hypothèse d'indépendance des U_t , $X_t = \sum_{j=1}^t U_j \sim N(0, t\sigma_u^2)$. On a dans ce

$$\text{cas } \int_{-\infty}^y x f_t(x) dx = -\sigma_u \sqrt{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_u \sqrt{t}} \right)^2}$$

et l'écart de profit pour une situation de lissage complet de la production est alors égal à :

$$E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = -n\sigma_u (s+r) \frac{\sum_{t=1}^n \sqrt{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{s_t}{\sigma_u \sqrt{t}} \right)^2}}{n}$$

Hypothèse 2 : les variations d'environnement provoquent un simple déplacement de la demande

La deuxième hypothèse envisageable est que les variations d'environnement ne font que déplacer une partie de la demande adressée à l'entreprise d'une sous-période de l'année à une autre. Une cliente ne pouvant pas venir chez son coiffeur une semaine donnée, le lundi, comme à son habitude, y viendra un autre jour de la semaine. La demande n'est alors que déplacée.

Dans cette configuration, la firme connaît la demande totale qui lui sera adressée sur l'année mais ne sait pas comment elle va se répartir entre les différentes sous-périodes la composant. Les variations d'environnement ne provoquant qu'un déplacement de la demande, les aléas touchant la demande se compensent parfaitement sur l'année. Sous cette hypothèse, on a alors $\sum_{t=1}^n U_t = 0$

Soit $\bar{U} = \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_t \\ \dots \\ U_n \end{pmatrix}$ qui suit une loi normale dans \mathbb{R}^n

Une condition nécessaire et suffisante pour que $\sum U_t = 0$ est que $V \left(\sum_{t=1}^n U_t \right) = 0$

Si l'on suppose que l'influence des variables les une sur les autres est la même i.e. qu'il y a une symétrie d'action, alors :

$$\forall i \forall j \ i \neq j \ \text{cov}(U_i, U_j) = \text{constante}$$

et la matrice des variances covariances Ω_u^- peut s'écrire comme suit :

$$\Omega_u^- = \sigma_u^2 \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{n} & \dots & -\frac{1}{n} \\ -\frac{1}{n} & 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & -\frac{1}{n} \\ -\frac{1}{n} & \dots & -\frac{1}{n} & 1 \end{pmatrix}$$

Dans cette configuration, $\sum_{j=1}^t U_j \sim N\left(0, \frac{1}{n-1} t(n-t)\sigma_u^2\right)$

On a alors :

$$\int_{-\infty}^y x f_t(x) dx = -\sigma_u \sqrt{\frac{t(n-t)}{n-1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_u \sqrt{\frac{t(n-t)}{n-1}}} \right)^2}$$

L'écart de profit obtenu pour une situation de lissage complet de la production est dans ce cas égal à :

$$E(\Pi_a - \Pi_{sa}) = -n\sigma_u (s+r) \frac{\sum_{t=1}^n \sqrt{\frac{t(n-t)}{n-1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{s_r}{\sigma_u \sqrt{\frac{t(n-t)}{n-1}}} \right)^2}}{n}$$

Ainsi, si les variations d'environnement touchant la demande sont indépendantes les unes des autres, l'absence de lissage de la production sera préférée au lissage complet de la production si :

$$-(s+r) \frac{\sum_{t=1}^n \sqrt{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{s_r}{\sigma_u \sqrt{t}} \right)^2}}{n} \leq (p-a-kwe) \left(-\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(y^*)^2} \right) - kwe \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(y_E)^2}$$

lorsque $k \leq \frac{p-a}{c+we}$

$$-(s+r) \frac{\sum_{t=1}^n \sqrt{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{s_T}{\sigma_v \sqrt{t}} \right)^2}}{n} \leq (p-a) \left(-\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} (y^*)^2} \right)$$

lorsque $k \geq \frac{p-a}{c+we}$

Par contre, si les variations d'environnement touchant la demande ne provoquent qu'un déplacement de la demande d'une sous-période à une autre, alors l'absence de lissage de la production sera préférée au lissage complet de la production si

$$-(s+r) \frac{\sum_{t=1}^n \sqrt{\frac{t(n-t)}{n-1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{s_T}{\sigma_v \sqrt{\frac{t(n-t)}{n-1}}} \right)^2}}{n} \leq (p-a-kwe) \left(-\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} (y^*)^2} \right) - kwe \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} (y_E)^2}$$

lorsque $k \leq \frac{p-a}{c+we}$

$$-(s+r) \frac{\sum_{t=1}^n \sqrt{\frac{t(n-t)}{n-1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{s_T}{\sigma_v \sqrt{\frac{t(n-t)}{n-1}}} \right)^2}}{n} \leq (p-a) \left(-\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} (y^*)^2} \right)$$

lorsque $k \geq \frac{p-a}{c+we}$

Si l'on regarde ces expressions, on peut déjà distinguer les paramètres qui vont influencer le choix de la firme. Ainsi, les coûts de stockage et de report, le prix de vente, et les différents coûts composant le coût total de production (coûts fixes, variables et de main-d'œuvre, aussi bien permanente que temporaire) détermineront son choix de lisser ou non la production.

Face à la complexité des inéquations à résoudre, il est difficile d'aller plus loin dans les conclusions d'un point de vue analytique. Une simulation peut par contre permettre de répondre très précisément aux questions que l'on se pose : Quelles est l'influence respective de chacun de ces paramètres sur le choix de la firme ? Qu'est-ce qui peut pousser une firme à passer d'une stratégie à l'autre ?

Qu'est-ce qui peut, notamment, la décider à utiliser de manière plus importante la flexibilité du travail et de l'emploi ?

A partir de ces inéquations et de la décomposition du coût total de production des différentes branches d'activité que nous avons calculée dans le chapitre 5, (Cf. tableau 5.3. P219), nous avons donc réalisé des simulations sur tableur. Nous avons supposé une gestion de la demande mensuelle et avons donc décomposé l'année en 12 sous-périodes.

Nous avons cherché, comme dans le chapitre précédent, le coût de stockage ou de report¹³⁷ à partir duquel l'entreprise passe d'une stratégie de lissage complet de la production à une stratégie d'absence de lissage pour différentes valeurs du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre permanente selon sa branche d'activité et sous des hypothèses plutôt favorables à l'une ou à l'autre des deux stratégies.

Nous avons ainsi examiné la situation – favorable au lissage complet de la production – où les coûts de stockage et de report sont identiques i.e. une situation où la part du temps où l'entreprise fonctionne uniquement avec un stock tampon est minimale (=50% de l'année). Puis nous avons examiné la situation – cette fois plus défavorable au lissage complet de la production – où l'écart entre coût de stockage et de report est élevé (i.e. une situation où l'entreprise, si elle décide de lisser sa production, fonctionne avec un stock tampon important). Nous avons analysé ces deux situations dans le cas où l'entreprise s'octroie un faible taux de marge – situation de fort rationnement de demande en cas d'absence de lissage de la production – et dans le cas où elle s'octroie un taux de marge assez élevé – situation cette fois de faible rationnement de demande en cas d'absence de lissage de la production.

Nous allons donc présenter ici le résultat de chacune de ces simulations.

3.2.1. Cas où la firme utilise conjointement report et stockage

Lorsque coût de stockage et de report sont identiques ($r=s$), l'entreprise ne fonctionne que la moitié du temps uniquement avec un stock tampon et utilise donc le reste du temps conjointement report et stockage pour s'adapter si elle

¹³⁷ coût de stockage si $s < r$ et coût de report si $r < s$

décide de lisser sa production. C'est cette première situation que nous allons examiner ici.

Les tableaux 6.1. et 6.2. présentent le coût de stockage ou de report à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage en fonction de la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire et en fonction de l'hypothèse retenue concernant la nature de la dépendance entre les u_t lorsque coût de stockage et de report sont identiques.

Tableau 6.1.
Coût mensuel de stockage ou de report (en% du coût total de production) à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage pour différentes valeurs du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire sous l'hypothèse d'indépendance des u_t

Branches d'activité	Taux de marge de 20% (i.e. él. Prix=-6)			Taux de marge de 100% (i.e. él. Prix=-2)		
	k=1	k=1.5	k=3	k=1	k=1.5	k=3
Education, santé, action sociale	5.3%	12.6%	12.6%	8.6%	20.8%	29.5%
Construction	4.2%	10.9%	10.9%	6.4%	15%	22.5%
Industries des biens d'équipement	3.5%	9.2%	9.3%	5.2%	11.7%	17.8%
Services aux entreprises	9%	12.6%	12.6%	17.6%	25.2%	29.5%
Transport, services aux particuliers	6.9%	11.5%	11.5%	12.1%	19.6%	29.5%
Industrie automobile	4.4%	7%	7.8%	6.8%	9.9%	12.9%
Commerce	2.4%	4.9%	6.3%	3.4%	6%	8.6%

Tableau 6.2.
Coût mensuel de stockage ou de report (en% du coût total de production) à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage pour différentes valeurs du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire sous l'hypothèse d'un simple déplacement de la demande

Branches d'activité	Taux de marge de 20% (i.e. él. Prix=-6)			Taux de marge de 100% (i.e. él. Prix=-2)		
	k=1	k=1.5	k=3	k=1	k=1.5	k=3
Education, santé, action sociale	9.3%	22.2%	22.2%	15.1%	36.7%	52%
Construction	7.4%	19.2%	19.3%	11.3%	26.3%	39.8%
Industries des biens d'équipement	6.1%	16.1%	16.2%	9.1%	20.6%	31.5%
Services aux entreprises	15.8%	22.2%	22.2%	31.2%	44.4%	52%
Transport	12.1%	20.3%	20.3%	21.3%	34.5%	44.6%
Industrie automobile	7.75%	12.4%	13.7%	12%	17.4%	22.4%
Commerce	4.3%	8.7%	11.2%	6%	10.6%	15.1%

Si l'on compare le coût de stockage à partir duquel l'entreprise passe d'une stratégie à une autre selon l'hypothèse retenue concernant l'aléa, on peut remarquer que, toutes autres choses égales par ailleurs, il existe une probabilité plus forte que la firme lisse sa production si les variations d'environnement ne provoquent qu'un simple déplacement de la demande que si elles engendrent une demande supplémentaire. Ainsi, si l'entreprise connaît la demande totale qui lui sera adressée au cours de l'année mais qu'elle ne sait pas comment elle va se répartir entre les différentes sous-périodes composant l'année, elle aura plus facilement tendance à lisser sa production que si l'aléa d'une sous-période ne laisse absolument rien présager des aléas futurs.

On retrouve ici la même influence du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire et de la part des coûts fixes dans le coût total de production qu'en environnement certain sur le choix stratégique de la firme:

- plus le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire" est élevé, plus la probabilité que l'entreprise lisse sa production l'est également.
- toutes autres choses égales par ailleurs, les entreprises dont la part des coûts fixes dans le coût total de production est élevée ont une probabilité beaucoup plus forte de lisser leur production. Ainsi, les entreprises du commerce et les industries en générale auront moins de chances de lisser leur production que les services aux entreprises ou encore que l'éducation, la santé et l'action sociale.

On retrouve également ici une autre conclusion mise en évidence en environnement certain : si l'entreprise décide de lisser complètement sa production, elle ne lissera pas ses ventes. L'adaptation aux fluctuations de demande se fera uniquement par le stockage et le report. Par contre, si l'entreprise décide de ne pas lisser sa production, alors elle lissera en partie ses ventes mais ici, ce ne sera pas via l'ajustement des prix mais par le biais du rationnement de la demande. Le rationnement de demande – et donc le lissage des ventes – sera d'autant plus important que l'élasticité prix est forte (i.e. que le taux de marge est faible)

Concernant l'influence de l'ampleur des fluctuations, les résultats ne changent guère non plus. Si l'entreprise décide de ne lisser ni ses ventes, ni sa production et de s'adapter par le biais de la flexibilité du travail et de l'emploi, alors plus l'écart entre les quantités commercialisées à chaque sous-période sera important, plus l'entreprise emploiera un volet de main d'œuvre supplémentaire

important. Cependant, le choix des effectifs, le choix productif et le choix de commercialisation ne dépendent pas de l'ampleur des fluctuations.

Ainsi, que les variations de demande soient prévisibles ou imprévisibles, l'influence des différents paramètres est la même.

Si l'on regarde plus en détail le coût de stockage ou de report à partir duquel l'entreprise passe d'une stratégie de lissage complet à une stratégie d'absence de lissage, on peut remarquer que pour un taux de marge élevé, il y a de très fortes chances que l'entreprise lisse sa production via le stockage et le report de demande. Le coût de stockage qu'est prêt à supporter la firme ou le rabais de prix qu'elle est prête à consentir pour lisser sa production est assez élevé quelle que soit la branche d'activité de l'entreprise et quel que soit le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire. Si l'aléa n'est dû qu'à un déplacement de demande, même pour un surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire nul,

- une firme de la branche "commerce" est prête à supporter un coût de stockage ou de report de 6% pour lisser sa production.
- une industrie est prête à supporter un coût de stockage ou de report de l'ordre de 10%,
- quant aux autres branches d'activité, le coût de stockage ou de report qu'elles sont prêtes à supporter est encore plus élevé.

On peut ainsi penser que la plupart des entreprises lissera sa production. Dès lors que les variations d'environnement touchant la demande sont indépendantes, le coût de stockage ou de report à partir duquel l'entreprise passe d'une stratégie de lissage de la production à une stratégie d'absence de lissage est plus faible. Il reste néanmoins assez élevé. Hormis la branche commerce et éventuellement les branches industrielles, le lissage de la production reste le choix le plus probable.

On peut donc en déduire que dès lors que l'entreprise peut s'octroyer un taux de marge élevé, il y a de fortes chances qu'elle lisse sa production via le stockage et le report si coût de stockage et de report sont identiques i.e. si l'entreprise peut utiliser conjointement le stockage et le report pour s'adapter.

En revanche, lorsque le taux de marge que peut s'octroyer la firme est faible, il existe une probabilité plus forte que l'entreprise ne lisse pas sa production. Il

faut cependant que le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire soit faible pour rester dans des valeurs envisageables de coût de stockage et de report et que les variations d'environnement touchant la demande soient indépendantes. Dans cette configuration, certaines entreprises, notamment celles du commerce et les industries, ont une très faible probabilité de lisser leur production. Pour $k=1$, elles ne sont pas prêtes à supporter un coût de stockage ou de report respectivement supérieur à 2.4% et à environ 4% pour lisser leur production. L'absence de lissage de la production devient alors envisageable pour certaines branches d'activité. Néanmoins, face à un taux de marge faible, les entreprises rationnent une bonne partie de leur demande : l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi, si elle est possible, n'est alors pas très importante.

3.2.2. Cas où la firme n'a pas réellement la possibilité d'utiliser conjointement stockage et report.

Lorsque l'écart entre coût de stockage et de report est très élevé, seul le stockage ou seul le report est envisageable pour la firme si elle souhaite lisser sa production. Elle doit dans ce cas fonctionner avec un stock tampon (ou report tampon) très important. Nous allons maintenant examiner cette deuxième situation en supposant $r=10s$ (ou $s=10r$).

Les tableaux 6.3. et 6.4. présentent le coût de stockage ou de report à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage en fonction de la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire et en fonction de l'hypothèse retenue concernant la nature de la dépendance entre les u_t lorsque l'écart entre coût de stockage et de report est élevé.

Tableau 6.3.
Coût mensuel de stockage ou de report (en% du coût total de production) à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage sous l'hypothèse d'indépendance des ut

Branches d'activité	Taux de marge de 20% (i.e. él. Prix=-6)			Taux de marge de 100% (i.e. él. Prix=-2)		
	k=1	k=1.5	k=3	k=1	k=1.5	k=3
Education, santé, action sociale	2.2%	5.1%	5.1%	3.5%	8.5%	12.1%
Construction	1.7%	4.4%	4.5%	2.6%	6.1%	9.2%
Industries des biens d'équipement	1.4%	3.7%	4%	2.1%	4.8%	7.3%
Services aux entreprises	3.7%	5.1%	5.1%	7.2%	10.3%	12.1%
Transport, services aux particuliers	2.8%	4.7%	4.7%	4.9%	8%	10.4%
Industrie automobile	1.8%	2.8%	3.2%	2.7	4%	5.3%
Commerce	1%	2%	2.6%	1.4%	2.4%	3.5%

Tableau 6.4.
Coût mensuel de stockage ou de report (en% du coût total de production) à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage sous l'hypothèse d'un simple déplacement de la demande

Branches d'activité	Taux de marge de 20% (i.e. él. Prix=-6)			Taux de marge de 100% (i.e. él. Prix=-2)		
	k=1	k=1.5	k=3	k=1	k=1.5	k=3
Education, santé, action sociale	3.8%	9%	9%	6.1%	14.8%	20.9%
Construction	3%	7.7%	7.7%	4.6%	10.6%	16%
Industries des biens d'équipement	2.4%	6.5%	6.5%	3.6%	8.3%	12.6%
Services aux entreprises	6.4%	9%	9%	12.5%	17.9%	20.9%
Transport	4.9%	8.2%	8.2%	8.5%	13.9%	18%
Industrie automobile	3.2%	5%	5.5%	4.8%	7%	9%
Commerce	1.7%	3.5%	4.5%	2.4%	4.3%	6.1%

Lorsque l'écart de coût entre stockage et report de demande est élevé, le coût de stockage (ou de report) à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage est beaucoup plus faible. Ce résultat s'explique par le fait que si l'écart de coût entre stockage et report de demande est élevé, la part du temps où l'entreprise fonctionnera uniquement avec un stock tampon ou un report tampon sera importante. Le lissage complet de la production via stockage et report coûtera alors toutes autres choses égales par ailleurs plus cher à la firme et la probabilité que l'entreprise lisse sa production sera donc plus faible. L'absence de lissage de la production devient alors une stratégie envisageable pour un certain nombre de secteurs dès lors que le surcoût d'utilisation d'une main-

d'œuvre supplémentaire est faible et plus particulièrement si les variations d'environnement touchant la demande sont indépendantes. On peut en effet remarquer que même pour un taux de marge élevé la plupart des secteurs d'activité ne sont pas prêts à supporter un coût de stockage ou de report supérieur à 3% pour lisser leur production.

CONCLUSION

Face à des variations d'environnement imprévisibles, le choix d'adaptation de la firme dépend donc :

- du taux de marge qu'elle peut s'octroyer et donc du cadre concurrentiel dans lequel elle se situe,
- de la part des coûts fixes dans le coût total de production,
- de l'écart entre coût de stockage et de report,
- du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire.

Qu'est-ce qui peut dès lors pousser une entreprise à utiliser la flexibilité du travail et de l'emploi ?

Pour que la firme utilise la flexibilité du travail et de l'emploi, il faut tout d'abord, qu'elle prenne la décision de ne pas lisser sa production ; il faut ensuite qu'elle prenne la décision de ne pas (trop) lisser ses ventes et il faut enfin qu'elle décide fonctionner avec un faible volet de main-d'œuvre permanent.

A la vue des résultats des différentes simulations, nous pouvons établir le contexte favorable à chacune de ces décisions.

Le contexte favorable à une absence de lissage de la production est le suivant :

- des variations d'environnement indépendantes les unes des autres
- un surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire faible
- un écart entre coût de stockage et de report élevé, c'est à dire seule une de ces deux modalités d'adaptation envisageables pour la firme
- une part des coûts fixes dans le coût total de production faible

Pour que l'entreprise ne lisse pas (trop) ses ventes, il faut qu'elle ne rationne pas (trop) sa demande. Il faut donc qu'elle puisse s'octroyer un taux de marge élevé. Enfin, pour qu'elle décide de fonctionner avec un faible volet de main-d'œuvre

permanente, il faut que le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire ne soit pas trop élevé

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

Les propositions avancées dans la littérature pour expliquer le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi sont nombreuses. On cite généralement comme facteurs déterminants : l'amplitude plus importante des fluctuations de demande, une plus grande imprévisibilité de ces fluctuations ou encore un assouplissement de la législation en matière d'emplois temporaires. Ces propositions sont cependant généralement avancées de manière intuitive et l'on pouvait – à juste titre – se demander l'importance à accorder à chacune de ces interprétations. La deuxième partie de cette thèse avait pour objectif d'isoler les véritables raisons de ce développement des raisons intuitives parfois "trompeuses".

Une manière de trouver les raisons qui peuvent pousser une firme à utiliser de manière plus importante la flexibilité du travail et de l'emploi est de définir analytiquement les déterminants du choix d'une firme soumise à des variations d'environnement. C'est le chemin que nous avons emprunté.

La première question à laquelle il fallait d'abord apporter une réponse concernait les modalités d'adaptation à la disposition de la firme. Quelles sont-elles ? Sont-elles identiques que les variations d'environnement soient prévisibles ou imprévisibles ? Partant du cadre traditionnel d'une firme se situant en concurrence monopolistique et ne produisant qu'un seul bien, nous avons alors intégré l'hypothèse que des variations d'environnement touchaient la demande adressée pour ce bien au cours de l'année. Nous avons tout d'abord supposé ces variations prévisibles puis nous les avons supposées imprévisibles et avons ainsi examiné les modalités d'adaptations à la disposition de la firme selon la prévisibilité des variations d'environnement (Chapitre 4).

Les modalités d'adaptation étant en partie différentes selon la prévisibilité des variations de demande, il nous fallait alors examiner distinctement les déterminants de son choix selon la nature des variations d'environnement qu'elle subit. Nous avons donc cherché les déterminants du choix de la firme en matière de commercialisation, de production et d'effectif lorsque les variations d'environnement sont prévisibles (Chapitre 5) et lorsqu'elles ne le sont pas (Chapitre 6). Notre objectif était de déceler quel contexte pouvait être favorable

à l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi afin d'expliquer les raisons de son développement.

Sur ce point, nous avons mis en évidence que chaque niveau de décision avait son importance. Au niveau de la commercialisation, si la firme décide de s'adapter uniquement par les prix, elle lissera ses ventes, indirectement sa production et elle n'a dans ce cas aucune raison d'utiliser la flexibilité du travail et de l'emploi. Au niveau de la production, quel que soit son choix de commercialisation, si elle décide de lisser sa production via le stockage et/ou le report de demande, elle n'a plus non plus aucune raison d'utiliser de la main-d'œuvre temporaire. Enfin, au niveau des effectifs, son choix de fonctionner avec un niveau de main-d'œuvre permanente plus ou moins important est également déterminant. Il fallait donc trouver simultanément les conditions favorables à une absence de lissage des ventes, à une absence de lissage de la production et à l'utilisation d'un faible niveau d'effectif permanent.

Le faible surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire : une condition nécessaire à l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi

Au niveau du choix du niveau d'effectif permanent, nous avons pu mettre en évidence que la firme applique exactement la même règle de décision que les variations soient prévisibles ou imprévisibles. Elle fixe son niveau d'effectif permanent selon le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire. Une première *condition nécessaire* à l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi est donc le faible surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire. Dès lors que ce surcoût est élevé, l'entreprise fixe un niveau d'effectif permanent élevé et il n'y a alors que très peu de marge de manœuvre pour l'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire, quel que soit le choix productif de la firme. Ainsi, sans cette condition, l'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire serait au mieux faible, au pire inexistante.

On peut dès lors se demander si la condition d'un faible surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est suffisante à l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi.

Le faible surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire : une condition suffisante ?

Si l'entreprise lisse ses ventes ou directement sa production, le besoin de travail est stable sur l'année et la firme, même si le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est faible, embauchera uniquement de la main-d'œuvre permanente. Cette condition n'est donc pas forcément suffisante. Il faut que la firme décide également de ne lisser ni ses ventes, ni sa production.

L'analyse des déterminants du choix productif, nous a permis de définir les conditions favorables à une absence de lissage de la production. Que les variations de demande soient prévisibles ou imprévisibles, elles sont les suivantes :

- un faible surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire
- une faible part des coûts fixes dans le coût total de production
- des coûts de stockage et de report élevés

Nous avons cependant mis en évidence dans le chapitre 5 que, face à des variations d'environnement prévisibles, dès lors que k est faible, le choix de lisser la production est très improbable pour la plupart des secteurs d'activité. La condition d'un faible surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire est donc généralement suffisante pour que la firme décide de ne pas lisser sa production dans le cas de fluctuations de demande prévisibles.

Par contre, face à des fluctuations de demande imprévisibles, cette condition n'est plus suffisante. Il faut également que la firme puisse s'octroyer un taux de marge élevé (sinon elle rationne trop sa demande pour utiliser de manière significative la flexibilité du travail et de l'emploi) et que l'écart entre coût de stockage et de report soit élevé.

Au niveau du choix de commercialisation, dès lors que la firme ne peut pas s'ajuster aux variations infra-annuelles de demande par le biais de la flexibilité des prix, les variations des ventes suivent celles de la demande. L'absence de lissage des ventes est alors immédiate. Par contre, dès qu'elle a la possibilité de jouer sur les prix pour s'adapter, il faut nécessairement qu'elle connaisse de plus de fortes fluctuations de demande pour faire le choix de ne pas lisser ses ventes.

On peut ainsi dresser un bilan sur les déterminants du choix de l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi.

Les facteurs favorables à l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi sont similaires quel que soit le contexte dans lequel se trouve la firme, que les variations de demande soient prévisibles ou imprévisibles et que la firme puisse ou non jouer sur les prix pour s'ajuster. Ils sont d'après notre analyse au nombre de cinq :

- faible surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire
- coûts de stockage et de report élevés
- part des coûts fixes dans le coût total de production faible
- élasticité prix faible
- fortes fluctuations de demande

Parmi ces facteurs, certains sont cependant indispensables à l'utilisation de la flexibilité du travail et de l'emploi, d'autres, par contre, contribuent uniquement à l'importance de son recours. Le contexte dans lequel se situe la firme est alors déterminant.

Quel que soit le contexte, il faut nécessairement que le surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire soit faible. C'est la condition indispensable pour qu'une entreprise utilise la flexibilité du travail et de l'emploi. Cette condition est d'ailleurs suffisante lorsque les variations de demande sont prévisibles et que la firme n'a pas la possibilité de jouer sur son prix de vente pour s'adapter. En revanche, dès lors que la firme ne se trouve pas dans ce contexte, cette condition n'est plus suffisante.

Si les variations de demande sont prévisibles mais qu'elle a la possibilité de modifier son prix de vente selon les circonstances, il faut de plus que les fluctuations de demande soient importantes pour que l'entreprise utilise la flexibilité du travail et de l'emploi.

Si les fluctuations de demande sont imprévisibles, deux conditions nécessaires viennent s'ajouter à celle du faible surcoût de la main-d'œuvre supplémentaire. Il faut que la firme puisse s'octroyer un taux de marge élevé (i.e. une élasticité prix faible) et que seul stockage **ou** report soit envisageable pour la firme (i.e. un écart de coût important entre ces deux modalités d'adaptation).

CONCLUSION GENERALE

Nous voici rendus au bout du chemin.

Nous voulions résoudre une énigme : trouver les raisons du brutal changement de comportement des entreprises au cours des années 1980 en matière d'adaptation aux variations infra-annuelles de demande et du développement corrélatif de la flexibilité du travail et de l'emploi.

A ce changement, deux interprétations topiques étaient données :

- l'émergence d'un nouveau "problème" : les variations de demande seraient devenues plus amples et plus imprévisibles que par le passé, ce qui obligerait les firmes, en réponse, à utiliser plus qu'auparavant la flexibilité du travail et de l'emploi pour s'adapter ;
- la montée du chômage qui aurait facilité l'accès des entreprises à une main-d'œuvre employable pour un temps limité et aurait renforcé leur pouvoir de négociation permettant ainsi une gestion plus flexible de l'emploi.

Grâce à la théorie du choix d'adaptation des firmes que nous avons construite, nous sommes maintenant en mesure de passer ces deux interprétations au tamis de la critique.

S'agissant de la première interprétation, notre analyse a mis en évidence que l'ampleur des fluctuations, qu'elles soient prévisibles ou imprévisibles, n'influence qu'indirectement le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi. Si la firme décide de s'adapter par ce biais, alors il est certain que plus l'écart entre les quantités produites à chaque sous-période est important, plus la firme utilisera un volant de main-d'œuvre supplémentaire important. Ceci étant dit, ce n'est pas l'ampleur des fluctuations de demande qui lui fait prendre la décision de s'adapter par l'emploi. Comme nous l'avons montré, quelle que soit cette ampleur, la part du temps où la firme fonctionne avec un effectif supplémentaire est la même.

La seule manière de préserver l'hypothèse de l'influence de l'ampleur des fluctuations, c'est de la faire reposer sur une théorie de l'erreur de décision.

Il n'est en effet pas complètement inenvisageable qu'une augmentation de l'ampleur des fluctuations de demande soit à l'origine d'une remise à plat de la stratégie mise en œuvre dans certaines firmes. Lorsque les fluctuations de demande sont de faible ampleur, une erreur de décision a peu de conséquences en terme de coût pour la firme. Il est ainsi possible que certaines firmes aient à tort choisi de lisser leur demande tant que les fluctuations de demande qu'elles subissaient étaient de faible ampleur et que l'augmentation de l'ampleur de ces fluctuations les ait poussées à reconsidérer leur choix les faisant ainsi passer d'une stratégie de lissage de la demande à une stratégie d'absence de lissage.

Mais, si cette éventualité ne peut être écartée dans certains cas, elle ne peut expliquer à elle seule le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi. Ce serait accorder bien trop d'importance à l'erreur de décision. On peut d'ailleurs légitimement penser que des économistes de renom comme Holt, Modigliani, Muth et Simon ne se seraient pas penchés dès les années 1960 sur la gestion optimale des variations de demande si l'enjeu n'était alors pas crucial.

L'augmentation du caractère aléatoire des variations de demande peut en revanche expliquer le changement de comportement des firmes. Si les firmes sont passées d'une situation où les variations de demande étaient prévisibles et le coût du report (ou du stockage) faible à une situation où les variations de demande deviennent imprévisibles, alors, dès lors que le coût de stockage est élevé comparativement au coût du report (ou inversement), l'entreprise peut basculer d'un régime d'absorption des fluctuations par le report (ou le stockage) à un régime d'absorption des fluctuations par la flexibilité du travail et de l'emploi.

Le choix de s'adapter par l'emploi pourrait ainsi être la conséquence d'une augmentation de l'imprévisibilité des variations de demande.

Cette interprétation est assez séduisante. Elle coïncide, d'une part, avec les faits stylisés que nous avons établis. Le choix de s'adapter par l'emploi entraîne inévitablement une augmentation de l'utilisation de toutes les formes d'emplois

flexibles (premier fait stylisé) et une baisse de l'utilisation du stockage (deuxième fait stylisé) et l'augmentation de l'imprévisibilité rend l'adaptation par la flexibilité des prix "inefficace", ce qui expliquerait également la baisse observée des fluctuations infra-annuelles de prix (troisième fait stylisé).

D'autre part, l'analyse empirique des variations subies par les firmes au début des années 2000 confirmerait assez bien ce scénario. Comme en témoigne le très haut niveau atteint par la part imprévisible moyenne des fluctuations (elle est de l'ordre de 73% pour les 105 établissements que nous avons étudiés), l'imprévisibilité des variations de demande est aujourd'hui un phénomène avéré. L'augmentation de l'incertitude des fluctuations subies par les firmes au cours de ces deux dernières décennies n'est, en ce sens, pas impensable.

Cependant, la condition sine qua non de l'utilisation d'une main d'œuvre "supplémentaire" est son faible surcoût. Cette interprétation séduisante ne résiste pas si le surcoût d'utilisation de la main d'œuvre "supplémentaire" est élevé.

Cette interprétation ne peut donc être acceptée que si le surcoût d'utilisation d'une main d'œuvre supplémentaire a toujours été faible. Or, il y a de forte raison d'en douter.

Dans les années 1960, l'économie se trouvait au voisinage du plein emploi. L'existence d'un chômage uniquement structurel rendait alors difficile pour les entreprises de trouver rapidement de la main d'œuvre "supplémentaire" et octroyait un pouvoir certain aux salariés pour s'opposer à une gestion "sauvage" de la main d'œuvre. Cette époque s'est ainsi traduit par une régulation stricte des heures supplémentaires, de l'intérim ou de toutes autres formes de flexibilité du travail et de l'emploi.

Toutes les conditions économiques et sociales étaient alors réunies pour que le surcoût d'utilisation d'une main d'œuvre "supplémentaire" soit élevé.

Il en va, certes, tout autrement aujourd'hui. Ce qui nous conduit à considérer la deuxième interprétation avancée : la montée du chômage. Il semble que ce soit la seule qu'il convienne de retenir pour expliquer le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi.

Quand des ressources sont inemployées sur le marché du travail, l'emploi de ressources supplémentaires devient peu coûteux pour la firme. Dans un tel contexte, il est, d'une part, assez facile de trouver rapidement de la main d'œuvre "en supplément". D'autre part, les politiques mises en place pour favoriser l'emploi tendent à amplifier ce phénomène. Le gouvernement lève les derniers barrages qui pèsent sur les entreprises en assouplissant les conditions pesant sur l'utilisation d'une main d'œuvre supplémentaire et surtout en abaissant le coût relatif de l'emploi de ce type de main d'œuvre.

C'est ce vers quoi la France, entre autres pays européens, s'est dirigée depuis les années 1980.

Parmi les formes flexibles d'emploi bénéficiaires de ces assouplissements, les contrats à temps partiel ont largement "profité" des incitations publiques (Cf. Gubian et Le Corre, 1999). Ce type de contrat, facilement utilisable et permettant aux firmes de faire effectuer à leurs salariés des heures complémentaires sans surcoût, s'est ainsi fortement développé dans le tertiaire. Les industries en revanche restent de faibles utilisatrices, l'interdépendance des tâches dans le processus de production ne permettant que difficilement cette forme d'emploi. Ainsi, en 1998, la proportion de salariés à temps partiel dans le tertiaire était de 18% contre à peine 4% dans l'industrie.

Plus récemment, les dispositifs d'aménagement du travail vont également dans le sens d'un développement de l'emploi flexible privilégiant cette fois plus le secteur industriel avec la clause de modulation du temps de travail permettant aux firmes de réinternaliser une flexibilité externe qui reste coûteuse¹³⁸.

Si cette condition du faible surcoût d'utilisation d'une main d'œuvre supplémentaire est nécessaire au développement de la flexibilité du travail et de l'emploi, elle n'est pas toujours suffisante pour expliquer le changement de comportement des firmes. Compte tenu de l'imprévisibilité prononcée des

¹³⁸ Ces dispositifs d'aménagement n'ont eu toutefois de succès que lorsqu'ils ont été associés à une réduction sensible de la durée moyenne du travail (lois Robien et Aubry). Le fait que ces dispositifs aient plus intéressé l'industrie que le tertiaire va dans le sens de notre analyse précédente du temps partiel. L'avantage concurrentiel procuré par cette élimination du surcoût des heures "supplémentaires", que certaines entreprises ont pu ainsi négocier avec leurs salariés à cette occasion, semble d'ailleurs important (Cf. Delsart, Vaneecloo, 2001 et Delsart, 2004).

fluctuations de demande subies par les firmes, seul le stockage OU le report doit être une modalité alternative envisageable.

Ainsi, dans un certain nombre d'entreprises – les entreprises pour lesquelles la stockabilité des produits issus de leur activité est fortement discutable (notamment les secteurs des services, du commerce, mais également de la construction ou du transport) – la baisse du surcoût d'utilisation d'une main d'œuvre supplémentaire induite par la montée du chômage est suffisante pour expliquer leur changement de stratégie. Il faut donc, en ce sens, ne pas négliger la contribution de la tertiarisation de l'économie.

Ceci étant dit, l'envolée du taux d'intérêt réel qui s'est produite dès le milieu des années 1970 en France (Il passe de -2% à +6% entre 1975 et 1981), permet également d'expliquer le changement de stratégie des firmes dont les produits fabriqués sont stockables (les industries). La hausse du chômage et la forte croissance du taux d'intérêt réel permettent de réunir les deux conditions suffisantes à ce changement de stratégie : baisse du surcoût d'utilisation d'une main d'œuvre supplémentaire et hausse du coût de stockage.

La "théorie du choix d'adaptation de la firme" que nous avons développée dans cette thèse a ainsi permis de donner une interprétation au développement de la flexibilité du travail et de l'emploi observé en Europe depuis une trentaine d'année. Le chômage nous semble être "la" cause sans laquelle le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi n'aurait eu lieu. Il s'est traduit par une diminution significative du surcoût d'utilisation d'une main d'œuvre "supplémentaire" remettant ainsi en cause la stratégie de lissage de la demande dans une majorité d'entreprises (le tertiaire). La hausse du taux d'intérêt réel a, quant à elle, permis d'étendre le mouvement à l'ensemble des secteurs d'activité (l'industrie).

Il reste cependant que notre diagnostic ne repose que sur un raisonnement hypothético déductif. C'était d'ailleurs ce à quoi nous nous engageons dans notre titre : fournir une interprétation analytique d'une énigme historique. Mais c'est également notre limite.

Nos conclusions mériteraient d'être à présent confortées empiriquement.

Cela peut se faire dans deux directions

La première, historique, consisterait à établir la réalité du lien entre les facteurs que nous avons cités et les changements de stratégie d'adaptation. Cela ouvre un champ très vaste d'investigation allant de la recherche de corrélations sérielles sur données agrégées à des études plus monographiques de firmes.

Mais on peut également tester indirectement notre thèse par une approche synchronique.

Notre théorie prévoit que les choix d'adaptation ne sont pas les mêmes selon les entreprises. Ils dépendent en effet en particulier de l'ampleur des coûts fixes, de l'importance des coûts de consommation intermédiaire, de la stockabilité des produits, de l'importance des coûts de report ... Or toutes les firmes ne sont pas sur le même plan de ces points de vue. Et effectivement toutes les firmes ne réalisent pas les mêmes choix d'adaptation.

Vérifier que les facteurs que nous avançons sont bien ceux qui expliquent les différences de modalités d'absorption des fluctuations qui persistent entre secteurs et entre firmes établirait aussi la pertinence de notre analyse.

C'est dans ces deux voies complémentaires qu'il convient de poursuivre nos recherches. Elles ne pouvaient toutefois être ouvertes sans le travail analytique que nous avons réalisé.

ANNEXES

ANNEXE 1

Ecriture du coût de production selon la région du domaine des points candidats à l'optimum dans lequel on se situe pour un programme de vente de type décroissant avec stockage

Ecriture du coût de production et des dérivées de ce coût par rapport au stockage en deuxième et troisième période pour tout point se situant dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \leq 0$.

Pour $k < 1.5$

$$\begin{aligned}
 CT &= 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_2 + kwe(Q_1 + Q_3 - 2Q_2) + s(S_3 - S_2) \\
 &= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_2 + S_2) + kwe(V_1 + V_3 - 2V_2 - 3S_2) + s(S_3 - S_2) \\
 \frac{\delta CT}{\delta S_2} &= -3c + 3we - 3kwe - s \\
 \frac{\delta CT}{\delta S_3} &= -3c + s
 \end{aligned}$$

Pour $k \in [1.5 ; 3[$

$$\begin{aligned}
 CT &= 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_3 + kwe(Q_1 - Q_3) + s(S_3 - S_2) \\
 &= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_3 + S_3) + kwe(V_1 - V_3 - S_2 - 2S_3) + s(S_3 - S_2) \\
 \frac{\delta CT}{\delta S_2} &= -3c - kwe - s \\
 \frac{\delta CT}{\delta S_3} &= -3c + 3we - 2kwe + s
 \end{aligned}$$

Pour $k \geq 3$

$$\begin{aligned}
 CT &= 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_1 + s(S_3 - S_2) \\
 &= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_1 - S_2 - S_3) + s(S_3 - S_2) \\
 \frac{\delta CT}{\delta S_2} &= -3c - 3we - s \\
 \frac{\delta CT}{\delta S_3} &= -3c - 3we + s
 \end{aligned}$$

Écriture du coût de production et des dérivées de ce coût par rapport au stockage en deuxième et troisième période pour tout point se situant dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \geq 0$.

Pour $k < 1.5$

$$\begin{aligned} CT &= 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_2 + kwe(Q_1 + Q_3 - 2Q_2) + s(2S_2 + S_3) \\ &= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_2 + S_2) + kwe(V_1 + V_3 - 2V_2 - 3S_2) + s(2S_2 + S_3) \end{aligned}$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = -3c + 3we - 3kwe + 2s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3c + s$$

Pour $k \in [1.5 ; 3[$

$$\begin{aligned} CT &= 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_3 + kwe(Q_1 - Q_3) + s(2S_2 + S_3) \\ &= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_3 + S_3) + kwe(V_1 - V_3 - S_2 - 2S_3) + s(2S_2 + S_3) \end{aligned}$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = -3c - kwe + 2s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3c + 3we - 2kwe + s$$

Pour $k \geq 3$

$$\begin{aligned} CT &= 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_1 + s(2S_2 + S_3) \\ &= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_1 - S_2 - S_3) + s(2S_2 + S_3) \end{aligned}$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = -3c - 3we + 2s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3c - 3we + s$$

Écriture du coût de production et des dérivées de ce coût par rapport au stockage en deuxième et troisième période pour tout point se situant dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$.

Pour $k < 1.5$

$$\begin{aligned} CT &= 3cQ_2 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_3 + kwe(Q_1 + Q_2 - 2Q_3) + s(S_3 - S_2) \\ &= 3c(V_2 + S_2) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_3 + S_3) + kwe(V_1 + V_2 - 2V_3 - 3S_3) + s(S_3 - S_2) \end{aligned}$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = 3c - s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = 3we - 3kwe + s$$

Pour $k \in [1.5 ; 3[$

$$\begin{aligned} CT &= 3cQ_2 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_1 + kwe(Q_2 - Q_1) + s(S_3 - S_2) \\ &= 3c(V_2 + S_2) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_1 - S_2 - S_3) + kwe(V_2 - V_1 + 2S_2 + S_3) + s(S_3 - S_2) \end{aligned}$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = 3c - 3we + 2kwe - s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3we + kwe + s$$

Pour $k \geq 3$

$$\begin{aligned} CT &= 3cQ_2 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_2 + s(S_3 - S_2) \\ &= 3c(V_2 + S_2) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_2 + S_2) + s(S_3 - S_2) \end{aligned}$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = 3c + 3we - s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = s$$

écriture du coût de production et des dérivées de ce coût par rapport au stockage en deuxième et troisième période pour tout point se situant dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$.

Pour $k < 1.5$

$$CT = 3cQ_2 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_3 + kwe(Q_1 + Q_2 - 2Q_3) + s(2S_2 + S_3)$$

$$= 3c(V_2 + S_2) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_3 + S_3) + kwe(V_1 + V_2 - 2V_3 - 3S_3) + s(2S_2 + S_3)$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = 3c + 2s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = 3we - 3kwe + s$$

Pour $k \in [1.5 ; 3]$

$$CT = 3cQ_2 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_1 + kwe(Q_2 - Q_1) + s(2S_2 + S_3)$$

$$= 3c(V_2 + S_2) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_1 - S_2 - S_3) + kwe(V_2 - V_1 + 2S_2 + S_3) + s(2S_2 + S_3)$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = 3c - 3we + 2kwe + 2s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3we + kwe + s$$

Pour $k \geq 3$

$$CT = 3cQ_2 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_2 + s(2S_2 + S_3)$$

$$= 3c(V_2 + S_2) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_2 + S_2) + s(2S_2 + S_3)$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = 3c + 3we + 2s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = s$$

Écriture du coût de production et des dérivées de ce coût par rapport au stockage en deuxième et troisième période pour tout point se situant dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$.

Pour $k < 1.5$

$$CT = 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_3 + kwe(Q_1 + Q_2 - 2Q_3) + s(S_3 - S_2)$$

$$= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_3 + S_3) + kwe(V_1 + V_2 - 2V_3 - 3S_3) + s(S_3 - S_2)$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = -3c - s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3c + 3we - 3kwe + s$$

Pour $k \in [1.5 ; 3[$

$$CT = 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_2 + kwe(Q_1 - Q_2) + s(S_3 - S_2)$$

$$= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_2 + S_2) + kwe(V_1 - V_2 - 2S_2 - S_3) + s(S_3 - S_2)$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = -3c + 3we - 2kwe - s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3c - kwe + s$$

Pour $k \geq 3$

$$CT = 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_1 + s(S_3 - S_2)$$

$$= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_1 - S_2 - S_3) + s(S_3 - S_2)$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = -3c - 3we - s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3c - 3we + s$$

écriture du coût de production et des dérivées de ce coût par rapport au stockage en deuxième et troisième période pour tout point se situant dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$.

Pour $k < 1.5$

$$\begin{aligned} CT &= 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_3 + kwe(Q_1 + Q_2 - 2Q_3) + s(2S_2 + S_3) \\ &= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_3 + S_3) + kwe(V_1 + V_2 - 2V_3 - 3S_3) + s(2S_2 + S_3) \end{aligned}$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = -3c + 2s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3c + 3we - 3kwe + s$$

Pour $k \in [1.5 ; 3[$

$$\begin{aligned} CT &= 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_2 + kwe(Q_1 - Q_2) + s(2S_2 + S_3) \\ &= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_2 + S_2) + kwe(V_1 - V_2 - 2S_2 - S_3) + s(2S_2 + S_3) \end{aligned}$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = -3c + 3we - 2kwe + 2s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3c - kwe + s$$

Pour $k \geq 3$

$$\begin{aligned} CT &= 3cQ_1 + a(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 3weQ_1 + s(2S_2 + S_3) \\ &= 3c(V_1 - S_2 - S_3) + a(V_1 + V_2 + V_3) + 3we(V_1 - S_2 - S_3) + s(2S_2 + S_3) \end{aligned}$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} = -3c - 3we + 2s$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_3} = -3c - 3we + s$$

ANNEXE 2

Etude des conditions d'optimalité des points [7'], [7''], [4'] et [2'] du programme de vente de type décroissant avec stockage

1. Montrons que le point [7'] ne peut pas être optimum du problème

$$[7'] \quad S_2 = \frac{V_3 - V_1}{2}$$
$$S_3 = \frac{V_1 - V_3}{2}$$

Ce point, candidat à l'optimum pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$, se trouve dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \leq 0$.

Il est optimum si :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -1$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -1/2$$

On peut remarquer que, quelle que soit la valeur de k , $\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0$. Les deux premières conditions ne seront donc jamais vérifiées.

Etudions la troisième:

Pour que ce point soit optimum, il faut :

$$-\frac{\frac{\delta CT}{\delta S_2}}{\frac{\delta CT}{\delta S_3}} > -\frac{1}{2} \quad \Leftrightarrow \quad 2 \frac{\delta CT}{\delta S_2} > \frac{\delta CT}{\delta S_3}$$

Ainsi

pour $k < 1.5$	$-6c + 6we - 6kwe - 2s > -3c + s$	\Leftrightarrow	$-c + 2we(k-1) > s$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$-6c - 2kwe - 2s > -3c + 3we - 2kwe + s$	\Leftrightarrow	$-c - we > s$
Pour $k \geq 3$	$-6c - 6we - 2s > -3c - 3we + s$	\Leftrightarrow	$-c - we > s$

Cette condition ne sera jamais vérifiée car $s \geq 0$.

Le point [7'] ne sera donc jamais optimum.

2. Montrons que le point [7''] ne peut pas être optimum du problème

$$[7''] \quad \begin{aligned} S_2 &= V_1 - V_3 \\ S_3 &= 0 \end{aligned}$$

Ce point, candidat à l'optimum pour $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$, se trouve dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$," et $S_2 \geq 0$.

Il est optimum si :

$$\begin{aligned} \frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -1/2 \\ \frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \end{aligned}$$

On peut remarquer que, quelle que soit la valeur de k , $\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0$. Les deux conditions ne seront donc jamais vérifiées.

Le point [7''] ne sera donc jamais optimum.

3. Montrons que le point [4'] ne peut pas être optimum du problème

$$[4'] \quad \begin{aligned} S_2 &= \frac{V_1 - V_2}{2} \\ S_3 &= 0 \end{aligned}$$

Ce point, candidat à l'optimum pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$ et $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$, se trouve dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$. Il se trouve également dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$ pour $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$.

Montrons que ce point n'est pas optimum dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$.

Il est optimum si :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -2$$

Ainsi pour que la première condition soit remplie, il faut:

Pour $k < 1.5$	$s \leq 3/2c$ et $s \geq 3c + 3we(k-1)$	impossible
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \leq (3c + 2kwe - 3we)/2$ et $s \geq 3c + kwe$	impossible
Pour $k \geq 3$	$s \leq 3(c+we)/2$ et $s \geq 3(c+we)$	impossible

Pour que la deuxième condition soit remplie, il faut:

$$-\frac{\frac{\delta CT}{\delta S_2}}{\frac{\delta CT}{\delta S_3}} < -2 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\delta CT}{\delta S_2} < 2 \frac{\delta CT}{\delta S_3}$$

Pour $k < 1.5$	$-3c - 2s < -6c + 6we - 6kwe + 2s$	$\Leftrightarrow c < 2we(1-k)$	impossible
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$-3c + 3we - 2kwe + 2s < -6c - 2kwe + 2s$	$\Leftrightarrow 3(c+we) < 0$	impossible
Pour $k \geq 3$	$-3c - 3we + 2s < -6c - 6we + 2s$	$\Leftrightarrow 3(c+we) < 0$	impossible

Montrons que ce point n'est jamais optimum dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$

Le point [4'] est optimum dans cette région s'il vérifie la condition suivante:

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -2$$

Pour que le point [4'] soit optimum, il faut donc que

$$-\frac{\frac{\delta CT}{\delta S_2}}{\frac{\delta CT}{\delta S_3}} > -2 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\delta CT}{\delta S_2} < 2 \frac{\delta CT}{\delta S_3}$$

Pour $k < 1.5$	$3c + 2s < -6we - 6kwe + 2s$	$\Leftrightarrow c < 2we(1-k)$	impossible
Pour $k \in [1.5; 3[$	$3c - 3we + 2kwe + 2s < -6we + 2kwe + 2s$	$\Leftrightarrow c < -we$	impossible
Pour $k \geq 3$	$3c + 3we + 2s < 2s$	$\Leftrightarrow 3c + 3we < 0$	impossible

Le point [4'] ne sera donc jamais optimum.

4. Montrons que le point [2'] ne peut pas être optimum du problème

$$[2'] \quad S_2 = \frac{V_3 - V_2}{2}$$

$$S_3 = \frac{V_2 - V_3}{2}$$

Ce point, candidat à l'optimum pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$ et $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$, se trouve dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$. Ce point se trouve également dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \leq 0$ pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$.

Montrons qu'il n'est jamais optimum dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$.

Il est optimum si :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0 ; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -1$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0 ; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } 1$$

Or, on peut remarquer que quel que soit k , $\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0$. Ces deux conditions ne seront donc jamais vérifiées.

Montrons qu'il n'est jamais optimum dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \leq 0$.

Le point [2'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes:

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0 ; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } 1$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0 ; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -1$$

Pour que la première condition soit remplie, il faut:

$$-\frac{\frac{\delta CT}{\delta S_2}}{\frac{\delta CT}{\delta S_3}} < 1 \quad \Leftrightarrow \quad -\frac{\delta CT}{\delta S_2} < \frac{\delta CT}{\delta S_3}$$

Pour $k < 1.5$	$3c - 3we + 3kwe + s < -3c + s$	$\Leftrightarrow 6c < 3we(1-k)$	impossible
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$3c + kwe + s < -3c + 3we - 2kwe + s$	$\Leftrightarrow -c - we > s$	impossible
Pour $k \geq 3$	$3c + 3we + s < -3c - 3we + s$	$\Leftrightarrow -c - we > s$	impossible

Pour que la deuxième condition soit remplie, il faut:

$$-\frac{\frac{\delta CT}{\delta S_2}}{\frac{\delta CT}{\delta S_3}} < -1 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\delta CT}{\delta S_2} > \frac{\delta CT}{\delta S_3}$$

Pour $k < 1.5$	$-3c + 3we - 3kwe - s > -3c + s$	$\Leftrightarrow 2s < 3we(1-k)$	impossible
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$-3c - kwe - s > -3c + 3we - 2kwe + s$	$\Leftrightarrow 2s < 3we(k-1)$	impossible
Pour $k \geq 3$	$-3c - 3we - s > -3c - 3we + s$	$\Leftrightarrow 2s < 0$	impossible

Le point [2'] ne sera donc jamais optimum.

ANNEXE 3

Etude des conditions d'optimalité des points [1'], [3'], [5'], [6'] et [6''] du programme de vente de type décroissant avec stockage

1. Montrons que le point [1'] est optimum du problème pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$ et $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$

$$\begin{aligned} [1'] \quad S_2 &= 0 \\ S_3 &= 0 \end{aligned}$$

Ce point se trouve simultanément dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$ et dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$.

Conditions d'optimalité du point [1'] dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$.

Le point [1'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -1$$

Application numérique

La première condition est vérifiée si:

$$\text{Pour } k < 1.5 \quad s \geq -3c \text{ et } s \geq 3[c + we(k-1)] \quad \Leftrightarrow s \geq 3[c + we(k-1)]$$

$$\text{Pour } k \in [1.5 ; 3[\quad s \geq -3c + 3we - 2kwe \text{ et } s \geq 3c + kwe \quad \Leftrightarrow s \geq 3c + kwe$$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad s \geq 3(c + we)$$

Comme $\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0$, la deuxième condition ne sera en revanche jamais vérifiée.

Ainsi, le point sera optimum dans cette région s'il vérifie la première condition.

Conditions d'optimalité du point [1'] dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$.

Le point [1'] est optimum dans cette région s'il vérifie la condition suivante :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0$$

Application numérique

Cette condition est vérifiée si:

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3c/2$ et $s \geq 3[c+we(k-1)]$	$\Leftrightarrow s \geq 3[c+we(k-1)]$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq (3c-3we+2kwe)/2$ et $s \geq 3c+kwe$	$\Leftrightarrow s \geq 3c+kwe$
Pour $k \geq 3$	$s \geq 3(c+we)/2$ et $s \geq 3(c+we)$	$\Leftrightarrow s \geq 3(c+we)$

Le point sera donc optimum dans cette région s'il vérifie cette condition.

Récapitulatif :

Le point [1'] sera donc optimum pour $v_2 < \frac{V_1+V_3}{2}$ et $v_2 > \frac{V_1+V_3}{2}$ si:

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3[c+we(k-1)]$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq 3c+kwe$
Pour $k \geq 3$	$s \geq 3(c+we)$

2. Montrons que le point [3'] est optimum du problème pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$ et

$$V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$$

$$[3'] \quad S_2 = \frac{V_1 + V_3 - 2V_2}{3}$$

$$S_3 = \frac{V_1 + V_2 - 2V_3}{3}$$

Ce point se trouve, pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$, simultanément dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$ et dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \geq 0$.

Pour $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$, il se trouve également dans deux régions : la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$ et la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$

Conditions d'optimalité du point [3'] dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$.

Le point [3'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -2$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } 1$$

Application numérique

La première condition est vérifiée si:

$$\text{Pour } k < 1.5 \quad s \leq 3c/2 \text{ et } s \leq 3[c+we(k-1)] \quad \Leftrightarrow s \leq 3c/2$$

$$\text{Pour } k \in [1.5 ; 3[\quad s \leq (3c-3we+2kwe)/2 \text{ et } s \leq 3c+kwe \Leftrightarrow s \leq (3c-3we+2kwe)/2$$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad s \leq 3(c+we)/2 \text{ et } s \leq 3(c+we) \quad \Leftrightarrow s \leq 3(c+we)/2$$

La deuxième condition est vérifiée si:

$$\text{Pour } k < 1.5 \quad s \geq 3c/2 \text{ et } s \leq 3[c+we(k-1)] \text{ et } s \leq 2c+we(k-1)$$

$$\Leftrightarrow 3c/2 \leq s \leq 2c+we(k-1)$$

$$\text{Pour } k \in [1.5 ; 3[\quad s \geq (3c-3we+2kwe)/2 \text{ et } s \leq 3c+kwe \text{ et } s \leq 2c+we(k-1)$$

$$\Leftrightarrow (3c-3we+2kwe)/2 \leq s \leq 2c+we(k-1)$$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad s \geq 3(c+we)/2 \text{ et } s \leq 3(c+we) \text{ et } s \leq 2(c+we)$$

$$\Leftrightarrow 3(c+we)/2 \leq s \leq 2(c+we)$$

Le point [3'] est donc candidat dans cette région si:

$$\text{Pour } k < 1.5 \quad \Leftrightarrow \quad s \leq 2c + we(k-1)$$

$$\text{Pour } k \in [1.5 ; 3[\quad \Leftrightarrow \quad s \leq 2c + we(k-1)$$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad \Leftrightarrow \quad s \leq 2(c+we)$$

Conditions d'optimalité du point [3'] dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \geq 0$.

Le point [3'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -1/2$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } 1$$

Application numérique

La première condition est vérifiée si:

$$\text{Pour } k < 1.5 \quad s \leq 3c \text{ et } s \leq 3[c + we(k-1)]/2 \text{ et } s \leq c + 2we(k-1)$$

$$\text{pour } c < we(k-1) \quad s \leq 3c$$

$$\text{pour } c > we(k-1) \quad s \leq c + 2we(k-1)$$

$$\text{Pour } k \in [1.5 ; 3[\quad s \leq 3c - 3we + 2kwe \text{ et } s \leq (3c + kwe)/2 \text{ et } s \leq c + we$$

$$\text{pour } c < we(2-k) \quad s \leq 3c - 3we + 2kwe$$

$$\text{pour } c > we(2-k) \quad s \leq c + we$$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad s \leq 3(c+we)/2 \text{ et } s \leq 3(c+we) \text{ et } s \leq c+we \quad \Leftrightarrow \quad s \leq c+we$$

La deuxième condition est vérifiée si:

$$\text{Pour } k < 1.5 \quad s \geq 3c \text{ et } s \leq 3[c + we(k-1)]/2 \text{ et } s \leq 2c + we(k-1)$$

$$\Leftrightarrow \quad 3c \leq s \leq 2c + we(k-1) \text{ avec } c < we(k-1)$$

$$\text{Pour } k \in [1.5 ; 3[\quad s \geq 3c - 3we + 2kwe \text{ et } s \leq (3c + kwe)/2 \text{ et } s \leq 2c + we(k-1)$$

$$\Leftrightarrow \quad 3c - 3we + 2kwe \leq s \leq 2c + we(k-1) \text{ avec } c < we(2-k)$$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad s \leq 3(c+we)/2 \text{ et } s \geq 3(c+we) \text{ et } s \leq 2(c+we) \quad \text{Impossible}$$

Le point [3'] est donc candidat dans cette région si:

$$\text{Pour } k < 1.5 \quad \text{pour } c < we(k-1) \quad s \leq 2c + we(k-1)$$

$$\text{pour } c > we(k-1) \quad s \leq c + 2we(k-1)$$

$$\text{Pour } k \in [1.5 ; 3[\quad \text{pour } c < we(2-k) \quad s \leq 2c + we(k-1)$$

$$\text{pour } c > we(2-k) \quad s \leq c + we$$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad \forall c \quad s \leq c + we$$

Récapitulatif :

Le point [3'] sera donc optimum pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$ si:

Pour $k < 1.5$	et $c < we(k-1)$	$s \leq 2c + we(k-1)$
	et $c > we(k-1)$	$s \leq c + 2we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	et $c < we(2-k)$	$s \leq 2c + we(k-1)$
	et $c > we(2-k)$	$s \leq c + we$
Pour $k \geq 3$	$\forall c$	$s \leq c + we$

Conditions d'optimalité du point [3'] dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$.

Le point [3'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } 1$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -2$$

Application numérique

La première condition ne sera jamais vérifiée car $\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0$:

La deuxième condition est vérifiée si:

$$\text{Pour } k < 1.5 \quad s \geq -3c \text{ et } s \leq 3[c + we(k-1)] \text{ et } s \leq c + 2we(k-1)$$

$$\Leftrightarrow s \leq c + 2we(k-1)$$

$$\text{Pour } k \in [1.5 ; 3[\quad s \geq (3c - 3we + 2kwe)/2 \text{ et } s \leq 3c + kwe \text{ et } s \leq c + we$$

$$\Leftrightarrow (3c - 3we + 2kwe)/2 \leq s \leq 2c + we(k-1) \text{ avec } c < we(2-k)$$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad s \geq 3(c + we)/2 \text{ et } s \leq 3(c + we) \text{ et } s \leq 2(c + we)$$

$$\Leftrightarrow 3(c + we)/2 \leq s \leq 2(c + we)$$

Le point [3'] sera donc optimum dans cette région s'il vérifie la deuxième condition.

Conditions d'optimalité du point [3'] dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$.

Le point [3'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -2$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } 1$$

Application numérique

La première condition est vérifiée si:

$$\text{Pour } k < 1.5 \quad s \geq -3c \text{ et } s \leq 3[c+we(k-1)] \text{ et } s \leq c+2we(k-1)$$

$$\Leftrightarrow s \leq c+2we(k-1)$$

$$\text{Pour } k \in [1.5; 3[\quad s \geq -3c+3we-2kwe \text{ et } s \leq 3c+kwe \text{ et } s \leq c+we$$

$$\Leftrightarrow s \leq c+we$$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad s \geq -3(c+we) \text{ et } s \leq 3(c+we) \text{ et } s \leq c+we$$

$$\Leftrightarrow s \leq c+we$$

La deuxième condition ne sera par contre jamais vérifiée car, quel que soit k ,

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0.$$

Le point [3'] sera donc optimum dans cette région s'il vérifie la première condition.

Conditions d'optimalité du point [3'] dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$.

Le point [3'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -1/2$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -2$$

Application numérique

La première condition est vérifiée si:

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3c$ et $s \leq 3we(k-1)$ et $s \leq 2c+we(k-1)$
	$\Leftrightarrow 3c \leq s \leq 2c+we(k-1)$ avec $c < we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq 3c-3we+2kwe$ et $s \leq we(3-k)$ et $s \leq 2c+we(k-1)$
	$\Leftrightarrow 3c-3we+2kwe \leq s \leq 2c+we(k-1)$ avec $c < we(2-k)$
Pour $k \geq 3$	$s \geq 3(c+we)$ et $s \leq 0$ et $s \leq c+we$ Impossible

La deuxième condition est vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \leq 3c$ et $s \leq 3we(k-1)$
	\Leftrightarrow pour $c < we(k-1)$ $s \leq 3c$
	pour $c > we(k-1)$ $s \leq 3we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \leq 3c-3we+2kwe$ et $s \leq we(3-k)$
	\Leftrightarrow pour $c < we(2-k)$ $s \leq 3c-3we+2kwe$
	pour $c > we(2-k)$ $s \leq we(3-k)$
Pour $k \geq 3$	$s \leq 3(c+we)$ et $s \leq 0$ Impossible

La troisième condition est vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \leq 3c$ et $s \geq 3we(k-1)$ et $s \leq c+2we(k-1)$
	$\Leftrightarrow 3we(k-1) \leq s \leq c+2we(k-1)$ avec $c > we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \leq 3c-3we+2kwe$ et $s \geq we(3-k)$ et $s \leq c+we$
	$\Leftrightarrow we(3-k) \leq s \leq c+we$ avec $c > we(2-k)$
Pour $k \geq 3$	$s \leq 3(c+we)$ et $s \geq 0$ et $s \leq c+we$
	$\Leftrightarrow s \leq c+we$

Le point [3'] est donc candidat dans cette région si:

Pour $k < 1.5$	pour $c < we(k-1)$ $s \leq 2c+we(k-1)$
	pour $c > we(k-1)$ $s \leq c+2we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	pour $c < we(2-k)$ $s \leq 2c+we(k-1)$
	pour $c > we(2-k)$ $s \leq c+we$
Pour $k \geq 3$	$\forall c$ $s \leq c+we$

Récapitulatif :

Le point [3'] sera donc optimum pour $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$ si:

Pour $k < 1.5$	et $c < we(k-1)$	$s \leq 2c + we(k-1)$
	et $c > we(k-1)$	$s \leq c + 2we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	et $c < we(2-k)$	$s \leq 2c + we(k-1)$
	et $c > we(2-k)$	$s \leq c + we$
Pour $k \geq 3$	$\forall c$	$s \leq c + we$

3. Montrons que le point [5'] est optimum du problème pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$ et $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$

$$[5'] \quad S_2 = 0$$

$$S_3 = \frac{V_1 - V_3}{2}$$

Ce point se trouve, pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$, simultanément dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \leq 0$ et dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \geq 0$.

Pour $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$, il se trouve également dans deux régions : la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$ et la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$

Conditions d'optimalité du point [5'] dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \leq 0$

Le point [5'] est optimum dans cette région s'il vérifie la condition suivante:

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -1/2$$

Application numérique

Cette condition est vérifiée si:

Pour $k < 1.5$	$s \leq 3c$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \leq 3c - 3we + 2kwe$
Pour $k \geq 3$	$s \leq 3(c + we)$

Le point [5'] sera donc optimum dans cette région s'il vérifie cette condition.

Conditions d'optimalité du point [5'] dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \geq 0$

Le point [5'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -1/2$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -1/2$$

La première condition est vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \leq 3c$ et $s \geq 3[c+we(k-1)]/2$
	$\Leftrightarrow 3[c+we(k-1)]/2 \leq s \leq 3c$ avec $c > we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \leq 3c-3we+2kwe$ et $s \geq (3c+kwe)/2$
	$\Leftrightarrow (3c+kwe)/2 \leq s \leq 3c-3we+2kwe$ avec $c > we(2-k)$
Pour $k \geq 3$	$s \geq 3(c+we)/2$ et $s \leq 3(c+we)$
	$\Leftrightarrow 3(c+we)/2 \leq s \leq 3(c+we)$

La deuxième condition sera vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \leq 3c$ et $s \leq 3[c+we(k-1)]/2$ et $s > c+2we(k-1)$
	$\Leftrightarrow c+2we(k-1) \leq s \leq 3[c+we(k-1)]/2$ avec $c > we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \leq 3c-3we+2kwe$ et $s \leq (3c+kwe)/2$ et $s > c+we$
	$\Leftrightarrow c+we \leq s \leq (3c+kwe)/2$ avec $c > we(2-k)$
Pour $k \geq 3$	$s \leq 3(c+we)/2$ et $s \leq 3(c+we)$ et $s > c+we$
	$\Leftrightarrow c+we \leq s \leq 3(c+we)/2$

Le point [5'] est donc optimum dans cette région si :

Pour $k < 1.5$	et $c > we(k-1)$	$c+2we(k-1) \leq s \leq 3c$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	et $c > we(2-k)$	$c+we \leq s \leq 3c-3we+2kwe$
Pour $k \geq 3$	$\forall c$	$c+we \leq s \leq 3(c+we)$

Récapitulatif :

Le point [5'] est optimum

Pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$, si :

Pour $k < 1.5$	$c+2we(k-1) \leq s \leq 3c$	avec $c > we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$c+we \leq s \leq 3c-3we+2kwe$	avec $c > we(2-k)$
Pour $k \geq 3$	$c+we \leq s \leq 3(c+we)$	$\forall c$

Conditions d'optimalité du point [5'] dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$

Le point [5'] est optimum dans cette région s'il vérifie la condition suivante :

$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0$; $\frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0$ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à $-1/2$

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3c$ et $s \leq 3we(k-1)$ et $s > 2c+we(k-1)$	
	$\Leftrightarrow 2c+we(k-1) \leq s \leq 3we(k-1)$ avec $c < we(k-1)$	
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq 3c-3we+2kwe$ et $s \leq we(3-k)$ et $s > 2c+we(k-1)$	
	$\Leftrightarrow 2c+we(k-1) \leq s \leq we(3-k)$ avec $c < we(2-k)$	
Pour $k \geq 3$	$s \geq 3(c+we)$ et $s \leq 0$ et $s > 2(c+we)$	impossible

Le point [5'] sera donc optimum dans cette région s'il vérifie cette condition.

Conditions d'optimalité du point [5'] dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$

Le point [5'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -1/2$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0$$

La première condition ne sera jamais vérifiée car $\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0$ quelle que soit la valeur de k .

Analysons la deuxième condition:

Pour $k < 1.5$	$s \geq -3c/2$ et $s \leq 3we(k-1)$	$\Leftrightarrow s \leq 3we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq -3c+3we-2kwe$ et $s \leq we(3-k)$	$\Leftrightarrow s \leq we(3-k)$
Pour $k \geq 3$	$s \geq -3(c+we)/2$ et $s \leq 0$	impossible

Le point [5'] sera donc optimum dans cette région s'il vérifie cette deuxième condition.

Récapitulatif :

Le point [5'] est optimum

Pour $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$, si :

Pour $k < 1.5$	$2c+we(k-1) \leq s \leq 3we(k-1)$	avec $c < we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$2c+we(k-1) \leq s \leq we(3-k)$	avec $c < we(2-k)$
Pour $k \geq 3$	Impossible	

4. Montrons que le point [6'] est optimum du problème pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$

$$\begin{aligned} [6'] \quad S_2 &= 0 \\ S_3 &= V_2 - V_3 \end{aligned}$$

Ce point, candidat à l'optimum pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$ se situe dans plusieurs régions: la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$, la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$, la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \leq 0$ et la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \geq 0$.

Conditions d'optimalité du point [6'] dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$

Le point [6'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à 1}$$

La première condition est vérifiée si:

Pour $k < 1.5$	$s \geq -3c$ et $s \leq 3[c + we(k-1)]$
	$\Leftrightarrow s \leq 3[c + we(k-1)]$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq -3c + 3we - 2kwe$ et $s \leq 3c + kwe$
	$\Leftrightarrow s \leq 3c + kwe$
Pour $k \geq 3$	$s \geq -3(c + we)$ et $s \leq 3(c + we)$
	$\Leftrightarrow s \leq 3(c + we)$

La deuxième condition ne sera jamais vérifiée car $\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0$.

Le point [6'] sera donc optimum dans cette région s'il vérifie la première condition.

Conditions d'optimalité du point [6'] dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$

Le point [6'] est optimum dans cette région s'il vérifie la condition suivante :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à 1.}$$

Cette condition est vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3c/2$ et $s \leq 3[c+we(k-1)]$ et $s \geq 2c+we(k-1)$
	$\Leftrightarrow 2c+we(k-1) \leq s \leq 3[c+we(k-1)]$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq (3c-3we+2kwe)/2$ et $s \leq 3c+kwe$ et $s \geq 2c+we(k-1)$
	$\Leftrightarrow 2c+we(k-1) \leq s \leq 3c+kwe$
Pour $k \geq 3$	$s \geq 3(c+we)/2$ et $s \leq 3(c+we)$ et $s \geq 2(c+we)$
	$\Leftrightarrow 2(c+we) \leq s \leq 3(c+we)$

Le point [6'] sera donc optimum dans cette région s'il vérifie cette condition.

Conditions d'optimalité du point [6'] dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \leq 0$

Le point [6'] est optimum dans cette région s'il vérifie la condition suivante :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } 1$$

Cette condition est vérifiée si:

Pour $k < 1.5$	$s \geq -3c+3we-2kwe$ et $s \geq 3c$	$\Leftrightarrow s \geq 3c$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq -3c-kwe$ et $s \geq 3c-3we+2kwe$	$\Leftrightarrow s \geq 3c-3we+2kwe$
Pour $k \geq 3$	$s \geq -3(c+we)$ et $s \geq 3(c+we)$	$\Leftrightarrow s \geq 3(c+we)$

Le point [6'] sera donc optimum dans cette région s'il vérifie cette condition.

Conditions d'optimalité du point [6'] dans la région " $Q_1 \geq Q_3 \geq Q_2$ " et $S_2 \geq 0$

Le point [6'] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes :

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } 1$$

La première condition est vérifiée si:

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3[c+we(k-1)]/2$ et $s \geq 3c$
	\Leftrightarrow pour $c < we(k-1)$ $s \geq 3[c+we(k-1)]/2$
	pour $c > we(k-1)$ $s \geq 3c$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq (3c+kwe)/2$ et $s \geq 3c-3we+2kwe$
	\Leftrightarrow pour $c < we(2-k)$ $s \geq 3(c+kwe)/2$
	pour $c > we(2-k)$ $s \geq 3c-3we+2kwe$

$$\text{Pour } k \geq 3 \quad s \geq 3(c+we)/2 \text{ et } s \geq 3(c+we) \quad \Leftrightarrow \quad s \geq 3(c+we)$$

La deuxième condition est vérifiée si:

$$\begin{array}{ll} \text{Pour } k < 1.5 & s \leq 3[c+we(k-1)]/2 \text{ et } s \geq 3c \text{ et } s \geq 2c+we(k-1) \\ & \Leftrightarrow 2c+we(k-1) \leq s \leq 3[c+we(k-1)]/2 \quad \text{avec } c < we(k-1) \\ \text{Pour } k \in [1.5 ; 3[& s \leq (3c+kwe)/2 \text{ et } s \geq 3c-3we+2kwe \text{ et } s \geq 2c+we(k-1) \\ & \Leftrightarrow 2c+we(k-1) \leq s \leq (3c+kwe)/2 \quad \text{avec } c < we(2-k) \\ \text{Pour } k \geq 3 & s \leq 3(c+we)/2 \text{ et } s \geq 3(c+we) \text{ et } s \geq 3(c+we) \\ & \Leftrightarrow \text{impossible} \end{array}$$

Le point [6'] sera donc optimum dans cette région si :

$$\begin{array}{lll} \text{Pour } k < 1.5 & \text{pour } c < we(k-1) & s \geq 2c+we(k-1) \\ & \text{pour } c > we(k-1) & s \geq 3c \\ \text{Pour } k \in [1.5 ; 3[& \text{pour } c < we(2-k) & s \geq 2c+we(k-1) \\ & \text{pour } c > we(2-k) & s \geq 3c-3we+2kwe \\ \text{Pour } k \geq 3 & \forall c & s \geq 3(c+we) \end{array}$$

Récapitulatif :

Le point [6'] est optimum pour $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$ si :

$$\begin{array}{lll} \text{Pour } k < 1.5 & \text{et } c < we(k-1) & 2c+we(k-1) \leq s \leq 3[c+we(k-1)] \\ & \text{et } c > we(k-1) & 3c \leq s \leq 3[c+we(k-1)] \\ \text{Pour } k \in [1.5 ; 3[& \text{et } c < we(2-k) & 2c+we(k-1) \leq s \leq 3c+kwe \\ & \text{et } c > we(2-k) & 3c-3we+2kwe \leq s \leq 3c+kwe \\ \text{Pour } k \geq 3 & \forall c & \text{impossible} \end{array}$$

5. Montrons que le point [6''] est optimum du problème pour $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$

$$\begin{aligned} [6''] \quad S_2 &= 0 \\ S_3 &= V_1 - V_2 \end{aligned}$$

Ce point, candidat à l'optimum pour $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$ se situe dans plusieurs régions: la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$, la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$, la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$ et la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$.

Conditions d'optimalité du point [6''] dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$

Le point [6''] est optimum dans cette région s'il vérifie la condition suivante:

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -2$$

Application numérique

Cette condition est vérifiée si:

$$\begin{aligned} \text{Pour } k < 1.5 \quad & s \geq -3c \text{ et } s \leq 3[c + we(k-1)] \text{ et } s \geq c + 2we(k-1) \\ & \Leftrightarrow c + 2we(k-1) \leq s \leq 3[c + we(k-1)] \\ \text{Pour } k \in [1.5 ; 3[\quad & s \geq -3c + 3we - 2kwe \text{ et } s \leq 3c + kwe \text{ et } s \geq c + we \\ & \Leftrightarrow c + we \leq s \leq 3c + kwe \\ \text{Pour } k \geq 3 \quad & s \geq -3(c + we) \text{ et } s \leq 3(c + we) \text{ et } s \geq c + we \\ & \Leftrightarrow c + we \leq s \leq 3(c + we) \end{aligned}$$

Le point [6''] est optimum dans cette région s'il vérifie cette condition.

Conditions d'optimalité du point [6''] dans la région " $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$

Le point [6''] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes:

$$\begin{aligned} \frac{\delta CT}{\delta S_2} &\geq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \\ \frac{\delta CT}{\delta S_2} &\leq 0; \quad \frac{\delta CT}{\delta S_3} \leq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -2 \end{aligned}$$

Application numérique

La première condition est vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3c/2$ et $s \leq 3[c+we(k-1)]$
\Leftrightarrow	$3c/2 \leq s \leq 3[c+we(k-1)]$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq (3c-3we+2kwe)/2$ et $s \leq 3c+kwe$
\Leftrightarrow	$(3c-3we+2kwe)/2 \leq s \leq 3c+kwe$
Pour $k \geq 3$	$s \geq 3(c+we)/2$ et $s \leq 3(c+we)$
\Leftrightarrow	$3(c+we)/2 \leq s \leq 3(c+we)$

La deuxième condition est vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \leq 3c/2$ et $s \leq 3[c+we(k-1)]$
\Leftrightarrow	$s \leq 3c/2$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \leq (3c-3we+2kwe)/2$ et $s \leq 3c+kwe$
\Leftrightarrow	$s \leq (3c-3we+2kwe)/2$
Pour $k \geq 3$	$s \leq 3(c+we)/2$ et $s \leq 3(c+we)$
\Leftrightarrow	$s \leq 3(c+we)/2$

Le point [6"] est donc optimum dans cette région si :

Pour $k < 1.5$	$s \leq 3[c+we(k-1)]$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \leq 3c+kwe$
Pour $k \geq 3$	$s \leq 3(c+we)$

Conditions d'optimalité du point [6"] dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \leq 0$

Le point [6"] est optimum dans cette région s'il vérifie les conditions suivantes:

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \leq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0$$

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est supérieure à } -2$$

La première condition est vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3we(k-1)$ et $s \geq 3c$
\Leftrightarrow	pour $c < we(k-1)$ $s \geq 3we(k-1)$ pour $c > we(k-1)$ $s \geq 3c$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq we(3-k)$ et $s \geq 3c-3we+2kwe$
\Leftrightarrow	pour $c < we(2-k)$ $s \geq we(3-k)$

	pour $c > we(2-k)$	$s \geq 3c - 3we + 2kwe$
Pour $k \geq 3$	$\forall c$	$s \geq 3(c+we)$

La deuxième condition est vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3we(k-1)$ et $s \leq 3c$
	$\Leftrightarrow 3we(k-1) \leq s \leq 3c$ avec $c > we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq we(3-k)$ et $s \leq 3c - 3we + 2kwe$
	$\Leftrightarrow we(3-k) \leq s \leq 3c - 3we + 2kwe$ avec $c > we(2-k)$
Pour $k \geq 3$	$s \leq 3(c+we)$ et $s \geq 0$
	$\Leftrightarrow s \leq 3(c+we) \quad \forall c$

Le point [6"] est donc optimum dans cette région si :

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3we(k-1) \quad \forall c$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq we(3-k) \quad \forall c$
Pour $k \geq 3$	$\forall c$ et $\forall s$

Conditions d'optimalité du point [6"] dans la région " $Q_2 \geq Q_1 \geq Q_3$ " et $S_2 \geq 0$

Le point [6"] est optimum dans cette région s'il vérifie la condition suivante:

$$\frac{\delta CT}{\delta S_2} \geq 0; \frac{\delta CT}{\delta S_3} \geq 0 \text{ et la pente de la courbe d'iso-coût est inférieure à } -2$$

Cette condition est vérifiée si :

Pour $k < 1.5$	$s \geq 3we(k-1)$ et $s \geq -3c/2$
	$\Leftrightarrow s \geq 3we(k-1)$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	$s \geq we(3-k)$ et $s \geq -3c + 3we - 2kwe$
	$\Leftrightarrow s \geq we(3-k)$
Pour $k \geq 3$	$s \geq 0$ et $s \geq -3(c+we)/2$
	$\Leftrightarrow s \geq 0$

Le point [6"] sera optimum dans cette région s'il vérifie cette condition.

Récapitulatif :

Le point [6"] est optimum pour $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$ si :

Pour $k < 1.5$	et $c < we(k-1)$	$3we(k-1) \leq s \leq 3[c+we(k-1)]$
	et $c > we(k-1)$	$c+2we(k-1) \leq s \leq 3[c+we(k-1)]$
Pour $k \in [1.5 ; 3[$	et $c < we(2-k)$	$we(3-k) \leq s \leq 3c+kwe$
	et $c > we(2-k)$	$c+we \leq s \leq 3c+kwe$
Pour $k \geq 3$	$\forall c$	$c+we \leq s \leq 3(c+we)$

BIBLIOGRAPHIE

Abadie J.P., Cohendet P., Héran F., Krasa A., Llerena P., 1988, "Réduire les délais de réaction pour améliorer la production", *Revue française de gestion* n°67, PP91-102.

Adler P.S., 1988, "Managing flexible automation", *California management review* n°30, PP34-56.

Agnès M., Cart B., Delmas B., Stankiewicz F., 1998, "Schémas de flexibilité et coûts d'ajustement. Le cas des entreprises soumises à de fortes variations d'activité" in *Les stratégies d'entreprises face aux ressources humaines*, Economica, PP149-160.

Ahn B.H., Hyun J.H., 1992, "A unifying framework for manufacturing flexibility", *Management review*, Vol.5 n°4, PP251-259.

Atkinson J., 1984, "Manpower strategies for flexible organisations", *Personnel management*, Vol.16 n°8.

Avison D.E., Powell P.L., Keen J., Klein J.H., Ward S., 1995, "Addressing the need for flexibility in information system", *Journal of management system*, Vol.7 n°2, PP43-60.

Avril P., Beuscart F., Sève M-M., 1997, "L'intérim : une formule concurrencée par le développement des autres formes d'emploi précaire", *problèmes économiques* n°2509, PP9-12.

Azzone G., Berteale U., 1989, "Measuring the economic effectiveness of flexible automation : a new approach", *International journal of production research*, Vol.27 n°5, PP735-746.

Bain P., Mulvey G., 2002, "Workforce flexibility in call centres : stretching to breaking point? ", *The 20th annual international labour process conference*, University of Strathclyde, Glasgow.

Baghli M., Cette G., Sylvain A., 2002, "Les déterminants du taux de marge en France et quelques autres grands pays industrialisés : analyse empirique sur la période 1970-2000", *Séminaire d'Economie des Ressources Humaines* du 3 juin 2002, Lille 1.

Barad M., 1992, "Impact of some flexibility factors in FMSs : a performance evaluation approach", *International journal of production research*, Vol.30 n°11, PP2587-2602.

Barad M., Sipper D., 1988, "Flexibility in manufacturing systems: Definitions and Petri net modelling", *International journal of production research*, Vol.26 n°2, PP237-248.

Barbier J-C., Nadel H., 2000, *La flexibilité du travail et de l'emploi*, Ed. Dominos Flammarion.

Baret C., Gadrey J., Gallouj C., 1998, "Flexibilité à court terme et flexibilité durable", *Personnel* n°391, PP43-48.

Beach R., Muhlemann A.P., Price D.H.R., Paterson A., Sharp J.A., 2000, "A review of manufacturing flexibility", *European journal of operational research* n°122, PP41-57.

Beaujolin-Bellet R., 2004, *Flexibilité et performance. Stratégies d'entreprises, régulations, transformations du travail*, Ed. La découverte, Paris, 223P.

Bellace J., 1989, "Les formes d'emploi : problèmes et tendances actuelles aux Etats-Unis", *Travail et emploi* n°39, PP60-64.

Benjaafar S., 1994, "Models for performance evaluation of flexibility in manufacturing systems", *International journal of production research*, Vol.32 n°6, PP1383-1402.

Bensaou M., 1999, "Portfolios of buyer-supplier relationships", *Sloan management review*, Summer, PP35-44.

Blanco V., 1999, "La flexibilité: un besoin pour l'entreprise", *Personnel* n°399, PP46-49.

Bodin R.P., 2001, "Hétérogénéité des formes de travail et d'emploi en Europe. Etat des lieux et défi des acteurs", *Conférence sur l'avenir du travail, de l'emploi et de la protection sociale*, Annecy.

Boisard P., 1994, "L'adaptation des horaires de travail aux fluctuations de demande : les stratégies des entreprises", *Travail et emploi* n°59, PP18-30.

Bouthevillain C., Eyssartier D., 1997, "Le rôle des variations de stocks dans les cycles d'activité des principaux pays industrialisés", *revue de l'OFCE* n°62, PP151-202.

Boyer K.K., Leong G.K., 1996, "Manufacturing flexibility at the level plant", *International journal of management science*, vol.24 n°5, PP495-510.

Boyer R., 1987, *La flexibilité du travail en Europe*, La découverte, Paris.

Boyer R., 1987, "Crise et flexibilité", *Les cahiers français*, La documentation Française, PP2-5.

Brégier O., 2000, "Le chômage partiel en 1999", *premières informations* n°31.1, MES-DARES.

Browne J., Dubois D., Rathmill K., Sethi S.P., Stecke K.E., 1984, "Classification of flexible manufacturing systems", *The FMS magazine* n°2, PP114-117.

Brunhes
↓
Brunhes B., 1994, "Sept pistes pour l'emploi", *Problèmes économiques* n°2381.

Brunet F., Richet-Mastain L., 2001, "Les mouvements de main-d'œuvre en contrats à durée déterminée en 1999", *Premières synthèses*, n°43.1, MES-DARES.

1989
Brunhes B., "la flexibilité du travail : définitions et modèles", *Cahiers français* n°246, PP73-76.

Bruyère M., Chagny O., 2002, "Comparaisons internationales de durée et de productivité. Une tentative de construction d'un indicateur synthétique de durée du travail", *Document d'étude de la DARES* n°60, 92P.

Bunel M., 2004, "Arbitrage entre flexibilité interne et flexibilité externe : une analyse empirique", *Document d'étude de la Dares*, n°81.

Bunel M., 2004, "Les pratiques de flexibilité en 1999 : davantage complémentaires que substituables", *Premières synthèses n°33.1*, MES-DARES.

Cancé R., Fréchou H., 2003, "Les contrats courts : source d'instabilités mais aussi tremplin vers l'emploi permanent", *Premières synthèses n°14.1*, MES-DARES.

Carillon J.P., Colin P., 1990, *Le juste à temps pour l'Europe : flexibilité, différenciation*, Les éditions d'organisation.

Carlsson B., 1989, "Flexibility and the theory of the firm", *International journal of industrial organization*, PP179-203.

Carlsson B., 1992, "Management of flexible manufacturing : an international comparison", *Omega*, vol.20 n°1, PP11-22.

Carnoy M., Castells M., Benner C., 1997, "Les marchés de l'emploi et les pratiques en matière d'emploi à l'ère de la flexibilité : Etude de cas de la Silicon Valley", *Revue internationale du travail*, Vol. 136, n°1.

Cart B., 1988, "Fluctuations de la demande et gestion des ressources humaines : flexibilité interne ou flexibilité externe ? ", *Cahiers lillois et d'économie et de sociologie* n°12.

Cellier R., Gelot D., Ramandraivonona D., 1998, "Les emplois en contrat à durée déterminée en 1996", *Premières Synthèses n°48.2*, MES-DARES.

Cette G., 1989, "Recours au travail posté et caractéristiques des entreprises", *Economie et prévision* n°87, PP43-48

Cette G., Taddei D., 1998, *Réduire la durée du travail : les 35 heures*, Le livre de poche, Ed. Hachette, 376P.

Cette G., 1999, *Le temps partiel en France*, Conseil d'analyse économique, La documentation française, Paris.

Chang S-C., Yang C-L., Cheng H-C., Sheu C., 2003, "Manufacturing flexibility and business strategy: an empirical study of small and medium size firms", *International journal of production economics* n°83, PP13-26.

Chen I.J., Calantone R.J., Chung C.H., 1992, "The marketing-manufacturing interface and manufacturing flexibility", *Omega*, vol.20 n°4, PP431-443.

Cohendet P., Llerena P., 1989, *Flexibilité, information et décision*, Economica.

Cohendet P., Llerena P., 1989, "Flexibilités, risque et incertitude dans la théorie de la firme : un survey" in *Flexibilité, information et décision*, Economica, PP7-71.

Cohendet P., Llerena P., 1999, "Flexibilité et modes d'organisation", *Revue française de gestion* n°123, PP72-79.

Commission Européenne, 1998, *L'emploi en Europe 1998. Des emplois pour les gens-des gens pour les emplois : transformer les lignes directrices politiques en actions*, Communauté Européenne, 172P.

Commission Européenne, 2002, *L'emploi en Europe 2002. Evolution récente et perspectives*, Communauté Européenne, 207P.

Coriat B., 1987, "L'atelier flexible", *Les cahiers français*, La documentation française, PP30-35.

Corrêa H.L., Slack N., 1996, "Framework to analyse flexibility and unplanned change in manufacturing systems", *Computer integrated manufacturing systems* Vol.9 n°1, PP57-64.

Coutrot T., 1995, "Gestion de l'emploi et organisation du travail dans les entreprises innovantes : une approche statistique des pratiques d'établissements", *Travail et emploi* n°64, PP79-87.

Coutrot T., 2000, "Les facteurs de recours aux contrats temporaires", *premières synthèses* n°25-3, MES-DARES.

Cox T., 1989, "Toward the measurement of manufacturing flexibility", *Production and inventory management journal*, first quarter, PP68-72.

CSERC, 1996, *Inégalités d'emploi et de revenu. Les années quatre-vingt-dix*, deuxième rapport annuel du CSERC.

CSERC, 1998, *Durées du travail et emploi. Les 35 heures, le temps partiel, l'aménagement du temps de travail*, La documentation Française, Paris.

D'Souza D., Williams F., 2000, "Toward a taxonomy of manufacturing flexibility dimensions", *Journal of operations management* n°18, PP577-593.

Das A., Narasimhan R., 1999, "An empirical investigation of the contribution of strategic sourcing to manufacturing flexibilities and performance", *Decision sciences*, vol. 30, n°3, P683.

Das S.K., Abdel Malek L., 2003, "Modeling the flexibility of order quantities and lead-times in supply chains", *International journal of production economics* n°85, PP171-181.

Day G.S., 1994, "The capabilities of market-driven organizations", *journal of marketing* n°58, PP37-52.

De Toni A., Tonchia S., 1998, "Manufacturing flexibility : a literature review", *International journal of production research*, vol.36 n°6, PP1587-1617.

Dekker H.C., 2003, "Value chain analysis in interfirm relationships : a field study", *Management accounting research* n°14, PP1-23.

Delsart V., 2004, "L'efficacité d'une politique régionale de réduction du temps de travail. L'exemple du Nord-Pas-de-Calais", *Revue d'économie régionale et urbaine* n°3, PP347-368.

Delsart V., Vaneecloo N., 2001, *L'effet des dispositifs d'incitation à la réduction du temps de travail dans la région Nord-Pas-de-Calais*, rapport pour le Conseil Régional.

Démery-Lebrun M., Igalens J., Vicens C., 2004, "Pratiques de flexibilité dans le secteur aérospatial" in *Flexibilité et performance. Stratégies d'entreprises, régulations, transformations du travail*, Ed. La découverte, Paris, PP51-71.

Deneuve C., 2000, "Le travail intérimaire dans la dynamique de l'emploi", *Centre d'observation économique*, 58P.

Dif M., 1998, "Flexibilité du travail et ses implications sur l'emploi : réflexions sur les modèles émergents", *Economies et Sociétés* n°20, PP231-246.

Dixon J.R., 1992, "Measuring manufacturing flexibility : an empirical investigation", *European journal of operational research*, Vol.60 n°2, PP131-143.

Donnadieu G., 1999, "Le conflit des flexibilités", *Personnel* n°399, PP29-33.

Dressen M., 2004, "Le cadre autonome des banques de détail, modèle de la flexibilisation du temps de travail" in *Flexibilité et performance. Stratégies d'entreprises, régulations, transformations du travail*, Ed. La découverte, Paris, PP137-157.

Dreyer B., Gronhaug K., 2002, "Uncertainty, flexibility, and sustained competitive advantage", *Journal of business research* 5723.

El Akremi A., Igalens G., Vincens C., 2004, "Flexibilité organisationnelle : complexité et profusion conceptuelle" in *Flexibilité et performance. Stratégies d'entreprises, régulations, transformations du travail*, Ed. La découverte, Paris, PP23-50.

Elbaum M., 1988, "La flexibilité de l'emploi à travers les statistiques récentes. Fonctionnement du marché du travail et comportement des entreprises" in *Les stratégies d'entreprises face aux ressources humaines. L'après taylorisme*, éd. Economica, PP117-127.

Eppink D.J., 1978, "Planning for strategic flexibility", *Long range planning*, Vol. 11 n°4, PP9-15.

Eyssartier H., Waysand C., 1997, "Mieux prévoir les variations de stocks avec les enquêtes de conjoncture", *Economie et Statistique* n°307, PP77-91.

Ettlie J.E., Penner-Ahn J.D., 1994, "Flexibility ratios and manufacturing strategy", *Management science*, vol.40 n°11, PP1444-1454.

Evans J.S., 1991, "Strategic flexibility for high technology manoeuvres : a conceptual framework", *Journal of management studies* Vol. 28 n°1, PP69-89.

Everaere C., 1998a, "Management de la flexibilité (1^{ère} partie)", *Travail et méthodes* n°540, PP13-34.

Everaere C., 1998b, "Management de la flexibilité (2^{ème} partie)", *Travail et méthodes* n°541, PP5-12.

Everaere C., 1999, "Emploi, travail et efficacité de l'entreprise : les effets pervers de la flexibilité quantitative", *Revue française de gestion*, PP5-21.

Favre F., François J-P., Greenan N., 1998, "L'industrie réorganise sa production", *Problèmes économiques* n°2591-2592, PP44-48.

Frazelle E., 1986, "Flexibility : a strategic response in changing times", *Industrial engineering*, PP16-20.

Gasnier C., 1989, "La flexibilité du travail – résultats d'enquêtes", *Travail et emploi* n°39, PP97-101.

Gerwin D., 1987, "An agenda for research on the flexibility of manufacturing processes", *International journal of operations and production management*, vol.7 n°1, PP38-49.

Gerwin D., 1993, "Manufacturing flexibility : a strategic perspective", *management science* vol.39 n°4, PP395-408.

Golden W., Powell P., 2000, "Towards a definition of flexibility : in search of the Holy Grail?", *Omega* n°28, PP373-384.

Gonzalez L., 2002, "L'incidence du recours à l'intérim sur la mesure de la productivité du travail des branches industrielles", *Economie et Statistique* n°357-358, PP103-137.

Gonzalez-Demichel C., Nauze-Fichet E., Seguin S., 2002, "Les performances du marché du travail au tournant du XXI^e siècle", *INSEE*.

Grubbström R.W., Olhager J., 1997, "Productivity and flexibility : Fundamental relations between two major properties and performance measures of the production system", *International journal of production economics*, n°52, PP73-82.

Gubian A., Le Corre V., 1999, "Incitations publiques en France en faveur du temps partiel dans le secteur privé" in *Le temps partiel en France*, CAE, La documentation française.

Guéry L., Mercier E., Mottay D., 2004, "Flexibilités et performances dans les centres d'appels : le cas de France Télécom" in *Flexibilité et performance. Stratégies d'entreprises, régulations, transformations du travail*, Ed. La découverte, Paris, PP115-135.

Gupta D., 1993, "On measurement and valuation of manufacturing flexibility", *International journal of production research*, Vol.31 n°12, PP2947-2958.

Gupta D., Buzacott J.A., 1989, "A framework for understanding flexibility of manufacturing systems", *Journal of manufacturing systems*, vol.8 n°2, PP89-97.

Gupta Y., Gupta M., 1991, "Flexibility and availability of flexible manufacturing systems : an information theory approach", *Comp. Ind.*, n°17, PP391-406.

Gupta Y.P., Goyal S., 1989, "Flexibility of manufacturing systems: concepts and measurements", *European journal of operational research*, Vol.43, PP119-135.

Gupta Y.P., Somers T.M., 1992, "The measurement of manufacturing flexibility", *European journal of operation research*, vol.60 n°2, PP166-182.

Gupta Y.P., Somers T.M., 1996, "Business strategy, manufacturing flexibility, and organizational performance relationships : a path analysis approach", *Production and operations management* vol.5 n°3, PP204-233.

Gustavsson S., 1984, "Flexibility and productivity in complex production processes", *International journal of production research*, Vol.22 n°5, PP801-808.

Hauser J.R., Shugan S.M., 1983, "Defensive marketing strategies", *Marketing science* n°29, PP319-360.

Hayes R.H., Pisano G.P., 1994, "Beyond world-class : the new manufacturing strategy", *Harvard business review*, Vol.72 n°1, PP77-86.

Henguelle V., 1994, "Les emplois sur contrat à durée déterminée : un mode d'accès à l'emploi stable ?" *Travail et emploi* n°58.

Holt C.C., Modigliani F., Muth J.M., Simon H.A., 1964, *Planification de la production des stocks de l'emploi*, Dunod, Paris.

Hutchinson J., 1991, "Current and future issue concerning FMS scheduling", *Omega*, vol.19 n°6, PP529-719.

Jack E.P., Raturi A., 2002, "Sources of volume flexibility and their impact on performance", *Journal of operations management* n°20, PP519-548.

Jany-Catrice F., Pernod-Lemattre M., Ribault T., 2000, "Aménagement Réduction du Temps de Travail ou temps partiel ? Le cas de la grande distribution non alimentaire" Note de synthèse pour le conseil régional du Nord-Pas-de-Calais.

Jourdain C., Minni C., Tanay A., Topiol-Bensaïd A., 1999, "Dans les industries alimentaires, l'emploi résiste mieux que dans le reste de l'industrie", *Premières synthèses* n°28.2, MES-DARES.

Katayama F., 1989, "Who's fueling the fax frenzy", *Fortune* n°23, PP151-156.

Kathuria R., 2000, "Competitive priorities and managerial performance : a taxonomy of small manufacturers", *journal of operations management*, Vol.18 n°6, PP627-641.

Kathuria R., Partovi F.Y., 1999, "Work force management practices for manufacturing flexibility", *Journal of operation management*, vol.18 n°1, PP21-39.

Kekre S., Srinivasan K., 1991, "Broader product line: a necessity to achieve success ?", *Management science*, Vol.36 n°10, PP1216-1231.

Klein T., 2004, "Onze ans d'exonération de cotisations sociales pour l'embauche à temps partiel", *Premières synthèses* n°18-1, MES-DARES.

Kleiner B.M., 1997, "An integrative framework for measuring and evaluating information management performance", *Computers ind. Engng*, vol.32 n°3, PP545-555.

Koste L., Malhotra M., 1999, "A theoretical framework for analysing the dimensions of manufacturing flexibility", *Journal of operations management* n°18, PP75-93.

Lammens L., 1994, Les fluctuations saisonnières de demande. Une approche microéconomique du comportement de la firme, *Thèse de doctorat en sciences économiques*, Lille1.

Larrey J., 1998, "Les effets sur l'emploi de la flexibilité du temps de travail", *document de travail du SCERC*.

Le Corre V., 1998, "Les heures supplémentaires, le chômage partiel et la modulation du temps de travail. Trois modes d'ajustement au volume d'activité des entreprises", *Premières synthèses* n°30.2, MES-DARES.

Lefevre G., Michon F., Viprey M., *Les stratégies des entreprises de travail temporaire. Leurs ambitions de gestionnaire de la ressource humaine*, Rapport commandité par la DARES, 158P.

Legrand H.J., Sauret A., Grassi B., 1999, "Faut-il durcir le recours des entreprises à l'intérim et aux CDD ?", *Problèmes économiques* n°2606, PP14-16.

Leong G.K., Snyder D.L., Ward P.T., 1990, "research in the process and content of manufacturing strategy", *Omega* Vol.18 n°2, PP109-122.

L'Horty Y., 1999, "Emplois flexibles, salaires rigides : dix faits stylisés en quête d'interprétations", *Contribution au groupe "emplois flexibles, salaires rigides"*, Université d'Evry-Val d'Essonne.

Mercure D., 1998, "Organisation de la production et organisation du travail", *Problèmes économiques* n°2565-2566, PP58-59.

Merle V., 1989, "Les nouvelles formes d'emploi en France", *Travail et emploi* n°39, PP25-31.

Meulders D., Tytgat B., 1989, "L'émergence d'emplois atypiques dans les pays de la CEE", *Travail et emploi* n°39, PP87-96.

Michon F., 1987, "Flexibilité et marché du travail", in *les cahiers français* n°231, La documentation française, PP35-38.

Michon F., Ramaux C., 1992, "CDD et intérim, bilan d'une décennie", *Travail et emploi* n°52, PP37-56.

Mills D.E., 1984, "Demand fluctuations and endogenous firm flexibility", *Journal of industrial economics*, Vol. 33 n°1, PP55-71.

Mills D.E., Schumann L., 1985, "Industry with fluctuating demand", *The american economic review*, Vol.75, n°4, PP758-767.

Nanteuil-Miribel M., Schots M., Taskin L., 2004, "Flexibilité et décision : quelles rationalités ?" in *Flexibilité et performance. Stratégies d'entreprises, régulations, transformations du travail*, Ed. La découverte, Paris, PP91-111.

New S.J., 1997, "The scope of supply chain management research", *Supply chain management*, Vol.2 n°1, PP15-22.

OCDE, 1986, *Flexibilité et marché du travail : le débat aujourd'hui*, OCDE, Paris.

OCDE, 1989, *La flexibilité du marché du travail. Nouvelles tendances dans l'entreprise*, OCDE, Paris, 79P

OCDE, 2001, *Perspectives de l'emploi*, OCDE, Paris.

Olhager J., 1993, "Manufacturing flexibility and profitability", *international journal of production economic* n°30-31, PP67-78.

Parker R., Wirth A., 1999, "Manufacturing flexibility: measures and relationships", *European journal of operational research* n°118, PP429-449.

Passet O., Jestaz D., 1999, "Le monde doit avoir ses raisons pour ne pas être Walrasien", *Problèmes économiques* n°2614, PP18-23.

Porter M.E., Millar V.E., 1985, "How information gives you competitive advantage", *Harvard Business review*, vol.63 n°4, PP149-160.

Ramaux C., 1994, "Comment s'organise le recours aux CDD et à l'intérim ? Les résultats d'une enquête auprès de 24 établissements", *Travail et emploi* n°58, PP55-76.

Reix R., 1979, *La flexibilité de l'entreprise*, Ed. Cujas, Paris

Reix R., 1997, "Flexibilité" in Simon Y. et Joffre P., *Encyclopédie de gestion*, Economica.

Richet-Mastain L., Brunet F., 2001, "Les mouvements de main-d'œuvre en contrats à durée déterminée en 1999", *Premières synthèses n°41-3*, MES-DARES

Richet-Mastain L., Vazeille O., 2000, "La saisonnalité des mouvements de main-d'œuvre entre 1996 et 1998", *Premières informations n°29-2*, MES-DARES.

Rojot J., 1989, "Flexibilité du marché du travail : expériences nationales", in *La flexibilité du marché du travail. Nouvelles tendances dans l'entreprise*, OCDE, Paris, PP39-64.

Romeuf J., 1951, *L'entreprise dans la vie économique*, PUF, coll. Que sais-je ?, 128P.

Rouchet J., 2002, Evolution des prix agricoles et alimentaires, *Direction des statistiques d'entreprises. Département Industrie et agriculture*, 146P.

Rubinstein M., 1996, "Flexibilité et motivation dans les modèles de production", *Economie appliquée*, vol. 49 n°4, PP37-59.

Sanchez R., 1995, "Strategic flexibility in product competition", *Strategic management journal* n°16, PP135-159.

Sawhney R., 2002, "Towards a transformation theory of flexibility : a case based approach in the printed circuit board industry", *Decision sciences institute*, annual meeting proceedings.

Scheid J., Teston J.C., 1969, *Economie de l'entreprise. L'environnement, la demande*, Dunod, Paris.

Schroeder R.J., Anderson J.C., Cleveland G., 1986, "The content of manufacturing strategy : an empirical study", *Journal of operations management*, Vol.6 n°4, PP405-415.

Sethi A.K., Sethi S.P., 1990, "Flexibility in manufacturing : a survey", *The international journal of flexible manufacturing systems* n°2, PP289-328.

Shank J.K., 1989, "Strategic cost management : new wine, or just new bottles?", *Management accounting research* n°1, PP47-65.

Shank J.K., Govindarajan V., 1992, "Strategic cost management : the value chain perspective", *Management accounting research* n°4, PP177-197.

Slack N., 1983, "Flexibility as a manufacturing objective", *International journal of operations and production management*, Vol.3 n°3, PP5-13.

Slack N., 1987, "The flexibility of manufacturing systems", *International journal of operations and production management*, Vol.7 n°4, PP35-45.

Slack N., 1988, "Manufacturing systems flexibility- an assessment procedure", *Computer integrated manufacturing systems*", Vol.1 n°1, PP25-31.

Sobek D.K., Ward A.C., Liker J.K., 1999, "Toyota's principles of set-based concurrent engineering", *Sloan management review*, winter, PP67-83.

Son Y., Park C., 1987, "Economic measures of productivity, quality and flexibility in advanced manufacturing systems", *Journal of operation management*, vol.6 n°3, PP193-207.

Srinivasan V., Lovejoy W.S., Beach D., 1997, "Integrated product design for marketability and manufacturing", *journal of marketing research*, February, PP154-163.

Stalk G., 1988, "Time : the next source of competitive advantage", *Harvard Business review*, Vol.66 n°4, PP41-45.

Stalk G., Evans P., Shulman L., 1992, "Competing on capabilities : the new rules of corporate strategy", *Harvard business review*, march-april, PP57-69.

Stankiewicz F., 1988, *Les stratégies d'entreprises face aux ressources humaines. L'après taylorisme*, Economica, 261P.

Stankiewicz F., 1990, "Surcoût, quasi-fixité et fixité du travail", *Revue d'économie politique* n°1, PP43-57.

Stankiewicz F., 1999, *Economie des ressources humaines*, éd. La découverte, coll. Repères, 123P.

Stigler G.J., 1939, "Production and distribution in the short run", *The journal of political economy*, Vol.47 n°3, PP305-327.

Suarez F.F., Cusumano M.A., Fine C.H., 1995, "An empirical study of flexibility in manufacturing", *Sloan management review* vol.37 n°1, PP25-32.

Suarez F.F., Cusumano M.A., Fine C.H., 1996, "An empirical study of manufacturing flexibility in printed circuit board assembly", *Operation research*, vol.44 n°1, PP223-240.

Swamidass P.M., Newell W.T., 1987, "Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytic model", *Management science*, Vol.33 n°4; PP509-524.

Tan K.C., 2001, "A framework of supply chain management literature", *European journal of purchasing and supply management* n°7, PP39-48.

Tarondeau J-C., 1999, "Approches et formes de la flexibilité", *Revue française de gestion* n°123, PP66-71.

Tarondeau J-C., Voudouris I., 1999, "Les facteurs déterminants du recours au travail temporaire", *Revue française de gestion* n°123, PP100-110.

Tertre C. (du), 1989, *Technologie, flexibilité, emploi. Une approche sectorielle du post-taylorisme*, Coll. Logiques économiques, Ed. L'Harmattan.

Treu T., 1992, "Labour flexibility in Europe", *International labour review*, Vol.131, n°4-5, PP497-512.

Ulrich V., 2002, "Durée annuelle du travail et pratique des heures supplémentaires", *Premières synthèses* n°19-2, MES-DARES.

Ulrich V., 2003, "Durée annuelle du travail et outils de flexibilité du temps de travail en 2001", *Premières synthèses* n°33-1, MES-DARES.

Unédic, Direction des études et des statistiques, avril 2002, "La richesse accrue en emplois de la croissance française : quels enseignements peut-on en tirer à la fin de l'année 2001", 28P.

Upton D., 1994, "The management of manufacturing flexibility", *California management review*, PP72-89.

Upton D., 1995, "Flexibility as process mobility : the management of plant capabilities for quick response manufacturing", *Journal of operation management* n°12, PP205-224.

Vaneecloo N., 1983, "La "loi" du prix unique", *Cahiers Lillois d'Economie et de Sociologie* n°1, PP59-74.

Varadarajan P.R., 1986, "Horizontal cooperative sales promotion : an idea whose time has come", *Journal of consumer marketing* n°3, PP15-33.

Vermès J.P., 1999, "Vers une pénalisation financière du recours aux emplois temporaires (CDD et intérim) ?", *Chambre de commerce et d'industrie de Paris*, 25P.

Villa P., 1997, Séries macro-économiques historiques : méthodologie et analyse économique, *Insee méthodes* n°62-63.

Vokurka R.J., O'Leary-Kelly S.W., 2000, "A review of empirical research on manufacturing flexibility", *Journal of operations management* n°18, PP485-505.

Watts C., Hahn C., Sohn B., 1993, "Manufacturing flexibility : concept and measurement, *Operational management review*, Vol.9 n°4, PP33-44.

Wheelwright S.C., 1984, "Manufacturing flexibility : defining the missing link", *Strategic management journal*, Vol.5 n°1, PP77-91.

White G.P., 1996, "A meta-analysis model of manufacturing capabilities", *Journal of operations management* n°14, PP315-331.

<http://www.cepii.fr/>

Zhang Q., Vonderembse M.A., Lim J.S., 2002, "Value chain flexibility: a dichotomy of competence and capability", *International journal of product research*, vol. 40 n°3, PP561-583.

Zhang Q., Vonderembse M.A., Lim J.S., 2003, "Manufacturing flexibility: defining and analysing relationships among competence, capability, and customer satisfaction", *Journal of operations management* n°21, PP173-191.

Zylberberg A., 1981, "Flexibilité, incertain et théorie de la demande de travail", *Annales de l'INSEE* n°42, PP31-51.

TABLE DES TABLEAUX

1.1.	Répartition des articles sur le thème de la flexibilité dans les différents domaines.....	18
1.2.	Multiplicateurs de probabilité d'apparition du concept de flexibilité selon le domaine (par rapport à la moyenne).....	18
1.3.	Nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1000 articles publiés selon la région du monde et le domaine.....	24
2.1.	Nombre d'établissements par secteur d'activité.....	47
2.2.	Nombre d'établissements par taille.....	47
2.3.	Nombre d'établissements selon le nombre de périodes d'observation.....	48
2.4.	Coefficient de variation moyen selon le secteur d'activité des établissements.....	56
2.5.	Coefficient de variation moyen selon la taille des établissements.....	56
2.6.	Codification des variables "taille" et "secteur d'activité".....	56
2.7.	Coefficients multiplicateurs relativement à la situation de référence.....	58
2.8.	Ecart-type associé à chaque borne.....	61
2.9.	Schéma moyen de la forme des fluctuations et dispersion des établissements autour de ce schéma.....	65
2.10.	Répartition des établissements selon le secteur d'activité en fonction de la présence ou non d'un mouvement saisonnier avéré de l'activité.....	77
2.11.	Répartition des établissements selon la taille en fonction de la présence ou non d'un mouvement saisonnier avéré de l'activité.....	77

2.12.	Moyenne de l'écart-type de l'erreur relative de prévision selon le secteur d'activité des établissements.....	78
2.13.	Moyenne de l'écart-type de l'erreur relative de prévision selon la taille des établissements.....	78
2.14.	Part prévisible des fluctuations d'activité selon le secteur d'activité des établissements.....	79
2.15.	Part prévisible des fluctuations d'activité selon la taille des établissements	79
3.1.	Part des salariés à temps partiel et en CDD dans l'Union Européenne en % de l'emploi total.....	100
3.2.	Proportion du travail à temps partiel dans l'emploi total en %	101
3.3.	Proportion de salariés en contrat à durée déterminée dans l'emploi total en %.....	101
3.4.	Répartition des embauches en CDI en 1996 selon le statut de l'emploi précédent.....	104
5.1.	Choix du programme de production optimal dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage.....	188
5.2.	Programme de production dans le cas d'un programme de vente de type croissant avec stockage ou décroissant avec report de demande	215
5.3.	Parts des coûts fixes, des coûts variables et des coûts de main-d'œuvre dans le coût total de production.....	219
5.4.	Coût mensuel de stockage (ou de report) à partir duquel l'entreprise change de stratégie productive	221
5.5.	Régionnement du domaine des points candidats à l'optimum	228
5.6.	Programme de production dans le cas d'un programme de vente de type décroissant avec stockage.....	233

5.7.	Coût mensuel de stockage (ou de report) à partir duquel l'entreprise change de stratégie productive	238
5.8.	Ampleur minimale des fluctuations de ventes pour que la condition nécessaire d'absence de lissage des ventes soit vérifiée selon l'élasticité prix et le rapport des coûts marginaux.....	257
5.9.	Vérification de la première condition d'absence de lissage des ventes.....	262
5.10.	Vérification de la deuxième condition d'absence de lissage des ventes.....	263
6.1.	Coût mensuel de stockage ou de report à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage pour différentes valeurs du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire sous l'hypothèse d'indépendance des U_t	302
6.2.	Coût mensuel de stockage ou de report à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage pour différentes valeurs du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire sous l'hypothèse d'un simple déplacement de la demande.....	302
6.3.	Coût mensuel de stockage ou de report à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage pour différentes valeurs du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire sous l'hypothèse d'indépendance des U_t	306
6.4.	Coût mensuel de stockage ou de report à partir duquel l'entreprise passe d'une situation de lissage complet de la production à une situation d'absence de lissage pour différentes valeurs du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire sous l'hypothèse d'un simple déplacement de la demande.....	306

TABLE DES GRAPHIQUES

1.1.	Nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1000 articles publiés selon le domaine de recherche.....	20
1.2.	Evolution du nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1000 articles publiés de 1975 à nos jours.....	21
1.3.	Evolution du nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1000 articles publiés de 1975 à nos jours par domaine de recherche.....	22
1.4.	Nombre d'articles sur le thème de la flexibilité sur 1000 articles publiés selon la région du monde.....	23
1.5.	Lien entre les stratégies et les différents types de flexibilité.	39
1.6.	Cadre d'analyse de la flexibilité	42
2.1.	Comparaison de l'activité hebdomadaire et mensuelle d'une entreprise de service.....	54
2.2.	Distribution du coefficient de variation.....	55
2.3.	Exemples de forme d'activité.....	59
2.4.	Part du temps où les variations mensuelles sont inférieures à une certaine borne.....	60
2.5.	Distribution des établissements selon le nombre de variations mensuelles d'activité inférieures à 10% sur l'année.....	62
2.6.	Schéma moyen de la saisonnalité.....	65
2.7.	Mouvement saisonnier des établissements de la classe 1.....	67
2.8.	Mouvement saisonnier des établissements de la classe 2.....	68
2.9.	Mouvement saisonnier des établissements de la classe 3.....	68
2.10.	Mouvement saisonnier des établissements de la classe 4.....	69

2.11. Distribution des établissements selon la part des fluctuations d'activité prévisibles.....	78
2.12. Relation entre l'ampleur des fluctuations d'activité et leur imprévisibilité.....	80
2.13. Distribution de l'activité du point de vente moyen de la catégorie 1.....	84
2.14. Distribution de l'activité du point de vente moyen de la catégorie 2.....	84
2.15. Evolution hebdomadaire de l'activité par demi-journée du point de vente moyen de la catégorie 1.....	85
2.16. Evolution mensuelle de l'activité par demi-journée du point de vente moyen de la catégorie 1.....	86
2.17. Evolution hebdomadaire de l'activité par demi-journée du point de vente moyen de la catégorie 2.....	86
2.18. Evolution mensuelle de l'activité par demi-journée du point de vente moyen de la catégorie 2.....	87
3.1. Heures supplémentaires hebdomadaires moyenne en pourcentage de la durée habituelle.....	93
3.2. Nombre de journées de chômage partiel en millions.....	94
3.3. Part du travail à temps partiel dans l'emploi salarié	95
3.4. Part des formes particulières d'emplois dans l'emploi total,..	95
3.5. Part des CDD dans l'emploi salarié en %.....	96
3.6. Part des travailleurs intérimaires dans l'emploi salarié en %	97
3.7. % d'intérimaires dans l'ensemble des emplois temporaires (intérim + CDD).....	98
3.8. Durée hebdomadaire habituelle et conventionnelle ou légale.....	99

3.9.	Part du travail à temps partiel dans l'emploi total aux Etats-Unis.....	102
3.10.	Flux d'entrées et de sorties dans les établissements de 50 salariés et plus en % des effectifs en début d'année.....	104
3.11.	Evolution de l'emploi intérimaire et du PIB (en % de glissement annuel).....	105
3.12.	Evolution des contrats à durée déterminée et du PIB.....	106
3.13.	Nombre de contrats d'intérim conclus au cours du trimestre dans le commerce.....	107
3.14.	Décomposition de l'évolution de l'emploi à temps partiel et du travail temporaire dans le temps.....	109
3.15.	Evolution du coefficient de variation de la production industrielle française.....	112
3.16.	Evolution du taux de variation mensuel de la production industrielle.....	112
3.17.	Fluctuations infra-annuelles de la production industrielle en 1970 et en 1990.....	113
3.18.	Evolution du coefficient de variation de la production industrielle en Europe.....	114
3.19.	Evolution du coefficient de variation de l'emploi en France.....	118
3.20.	Evolution du coefficient de variation de l'emploi aux Etats-Unis.....	119
3.21.	Evolution du nombre moyen de jours de production en stock sur l'année.....	120
3.22.	Evolution du coefficient de variation du prix de la valeur ajoutée.....	122
3.23.	Ecart-type du coefficient de variation du prix de la valeur ajoutée des différentes branches de l'économie.....	123

3.24.	Evolution du coefficient de variation du prix à la consommation aux Etats-Unis.....	124
4.1.	Représentation de la demande pour deux périodes distinctes de l'année sous l'hypothèse 1.....	136
4.2.	Représentation de la demande pour deux périodes distinctes de l'année sous l'hypothèse 3.....	138
5.1.	Points candidats à l'optimum dans le cas d'un programme de ventes de type croissant avec stockage lorsque $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$	196
5.2.	Points candidats à l'optimum dans le cas d'un programme de ventes de type croissant avec stockage lorsque $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$	197
5.3.	Points candidats à l'optimum pour un programme de ventes de type croissant avec stockage.....	199
5.4.	Points candidats à l'optimum dans le cas d'un programme de ventes de type décroissant avec stockage lorsque $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$	226
5.5.	Points candidats à l'optimum dans le cas d'un programme de ventes de type décroissant avec stockage lorsque $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$	226
5.6.	Condition suffisante d'absence de lissage des ventes dans le cas d'une demande croissante.....	242
5.7.	Condition suffisante d'absence de lissage des ventes dans le cas d'une demande décroissante.....	243
5.8.	Programme de vente de type $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ avec $V_2 < \frac{V_1 + V_3}{2}$	246
5.9.	Programme de vente de type $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ avec $V_2 > \frac{V_1 + V_3}{2}$	246
5.10.	Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_1 \leq V_2 \leq V_3$	249

5.11.	Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_3 \leq V_1 \leq V_2$	250
5.12.	Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_2 \leq V_3 \leq V_1$	250
5.13.	Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_3 \leq V_2 \leq V_1$ avec $V_2 \leq \frac{V_1 + V_3}{2}$	251
5.14.	Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_3 \leq V_2 \leq V_1$ avec $V_2 \geq \frac{V_1 + V_3}{2}$	252
5.15.	Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_2 \leq V_1 \leq V_3$ avec $V_1 \leq \frac{V_2 + V_3}{2}$	253
5.16.	Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_2 \leq V_1 \leq V_3$ avec $V_1 \geq \frac{V_2 + V_3}{2}$	253
5.17.	Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_1 \leq V_3 \leq V_2$ avec $V_3 \leq \frac{V_2 + V_1}{2}$	254
5.18.	Egalisation des recettes marginales aux coûts marginaux de production pour un programme de vente du type $V_1 \leq V_3 \leq V_2$ avec $V_3 \geq \frac{V_2 + V_1}{2}$	255
5.19.	Rapport des coûts marginaux des deux périodes les plus hautes selon la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire"	261
5.20.	Rapport des coûts marginaux des périodes la plus basse et la plus haute selon la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre "supplémentaire"	263

6.1.	Part du temps où l'entreprise va rationner sa demande en fonction de la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire pour un taux de marge de 20% selon le secteur d'activité.....	282
6.2.	Part du temps où l'entreprise va rationner sa demande en fonction de la valeur du surcoût d'utilisation d'une main-d'œuvre supplémentaire pour un taux de marge de 100% selon le secteur d'activité.....	282
6.3.	Valeur du surcoût d'utilisation de la main-d'œuvre supplémentaire au dessus duquel l'entreprise ne fonctionnera qu'avec un effectif permanent selon la branche d'activité et le taux de marge de la firme.....	284
6.4.	Part du temps où l'entreprise va fonctionner uniquement avec un stock tampon selon la valeur du coût de report relativement au coût de stockage.....	289

TABLE DES ENCADRES

1.1.	Définitions des différentes flexibilités du système qui peuvent être associées aux variations d'environnement temporaires.....	35
1.2.	Définitions des différentes flexibilités du système qui peuvent être associées à des variations d'environnement durables.....	40
2.1.	Le choix d'une mesure synthétique de l'amplitude des variations infra-annuelles d'activité.....	49
2.2.	Répartition des établissements dans les différentes classes..	70
2.3.	Présentation de la base de données pour l'étude de la prévisibilité de l'activité par extrapolation.....	74
3.1.	Evolution du coefficient de variation de la production industrielle dans les pays européens.....	115
5.1.	Généralisation du choix du niveau de l'effectif permanent...	173

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	7
PREMIERE PARTIE	
<i>FLEXIBILITE D'ENTREPRISE, BESOIN ET CHOIX D'ADAPTATION DE COURT TERME</i>	
Introduction de la première partie	14
Chapitre 1 : La flexibilité d'entreprise	15
1. Développement du thème de la flexibilité	16
1.1. La flexibilité dans les différents domaines de recherche	17
1.2. Evolution du thème	20
2. Sources et modalités de la flexibilité d'entreprise	25
2.1. Les sources du "besoin de flexibilité"	26
2.1.1. <i>Variations d'environnement temporaires</i>	27
2.1.2. <i>Variations d'environnement durables</i>	29
2.2. Les modalités d'adaptation aux variations temporaires ..	30
2.3. Les modalités d'adaptation aux variations durables	36
Conclusion	43
Chapitre 2 : Le besoin d'adaptation de court terme des firmes.	45
1. L'importance des fluctuations d'activité	46
1.1. Description des données utilisées	46
1.2. L'ampleur des fluctuations d'activité	49
1.3. La variabilité de l'activité	58
2. La prévisibilité de l'activité et de ses fluctuations	62
2.1. Prévision des fluctuations d'activité par analogie	64
2.2. Prévision des fluctuations d'activité par extrapolation ..	72
Conclusion	80
Appendice : Etude sur la prévisibilité des variations infra-annuelles d'activité d'une entreprise du secteur bancaire	83

Chapitre 3 : Le choix d'adaptation de court terme des firmes...	90
1. Le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi : un phénomène européen.....	91
1.1. Le développement de la flexibilité du temps de travail.....	91
1.2. Le développement de la flexibilité externe.....	95
2. La traduction d'un changement de comportement des firmes.....	102
2.1. Les principaux motifs de recours aux formes d'emplois temporaires.....	103
2.1.1. <i>L'utilisation des CDD comme "période d'essai"</i>	103
2.1.2. <i>L'utilisation de l'emploi temporaire comme régulateur de la conjoncture économique</i>	105
2.1.3. <i>Les modifications structurelles de l'économie</i>	107
2.2. Le développement de la flexibilité du travail et de l'emploi pour s'adapter aux variations infra-annuelles de demande est bien réelle : une confirmation.....	110
2.2.1. <i>Une variabilité plus importante de la production</i>	111
2.2.2. <i>Une variabilité plus importante de l'emploi</i>	117
2.3. Evolution de l'utilisation des autres modalités d'adaptation : complémentarité ou substitution ?.....	119
2.3.1. <i>Une baisse de l'utilisation du stockage</i>	120
2.3.2. <i>Une moindre utilisation de la flexibilité des prix</i>	121
Conclusion.....	124
Conclusion de la première partie.....	126

DEUXIEME PARTIE

**UNE INTERPRETATION ANALYTIQUE DU DEVELOPPEMENT
DE LA FLEXIBILITE DU TRAVAIL ET DE L'EMPLOI**

Introduction de la deuxième partie.....	129
Chapitre 4 : La firme et son environnement : une modélisation	133
1. La demande adressée à l'entreprise et les nouvelles modalités d'adaptation.....	135
1.1. Introduction des hypothèses de demande fluctuante à court terme et en partie aléatoire.....	135
1.1.1. <i>La partie déterministe de la demande</i>	136
1.1.2. <i>La partie aléatoire de la demande</i>	139
1.2. Les implications sur son choix d'adaptation.....	140
1.2.1. <i>La flexibilité des prix</i>	141
1.2.2. <i>La variation des quantités produites et ses implications</i>	142
2. Le programme d'optimisation.....	147
2.1. Un changement dans les coûts de production.....	148
2.2. Interdépendance des décisions et programme d'optimisation.....	160
2.2.1. <i>Interdépendance des décisions</i>	160
2.2.2. <i>Programme d'optimisation</i>	162
Chapitre 5 : Choix stratégique des firmes en environnement certain	167
1. Choix du niveau des effectifs	169
2. Choix du programme de production	179
2.1. Restriction des programmes d'optimisation à résoudre..	181
2.1.1. <i>Restriction du nombre de programme de vente à étudier</i>	181
2.1.2. <i>Restriction du domaine des solutions réellement candidates</i>	184

2.2. Choix productif de la firme face à un programme de vente de type croissant avec possibilité de stockage.....	195
2.2.1. Définition et caractérisation du domaine des points candidats à l'optimum.....	195
2.2.2. Examens des conditions d'optimalité des points extrêmes.....	201
2.2.3. Analyse des déterminants du choix du programme de production.....	217
2.3. Choix productif de la firme face à un programme de vente de type décroissant avec possibilité de stockage.....	224
2.3.1. Définition et caractérisation du domaine des points candidats à l'optimum.....	225
2.3.2. Examen du programme optimal et analyse de ses déterminants.....	232
3. Choix du programme de commercialisation.....	239
3.1. Etude théorique des conditions d'absence de lissage des ventes.....	240
3.1.1. Condition suffisante d'absence de lissage des ventes lorsque la firme ne lisse pas sa production....	241
3.1.2. Condition nécessaire générale d'absence de lissage des ventes.....	247
3.2. Les déterminants et l'exigence de la condition d'absence de lissage des ventes.....	256
3.2.1. Exigence de la condition lorsque l'entreprise lisse sa production.....	258
3.2.2. Exigence de la condition lorsque l'entreprise ne lisse pas sa production.....	260
Conclusion.....	265
Chapitre 6 : Choix stratégique des firmes en environnement incertain	268
1. Absence de lissage de la production.....	271
1.1. Choix du niveau d'effectif permanent optimal.....	272
1.2. Rationnement.....	276
2. Lissage complet de la production.....	285
3. Choix stratégique de la firme.....	290

3.1. Perte moyenne de profit du à l'introduction de l'aléa.....	290
3.1.1. <i>Calcul du profit</i>	290
3.1.2. <i>Ecart de profit entre les situations avec aléa et sans aléa</i>	294
3.2. Comparaison des deux situations.....	296
3.2.1. <i>Cas où la firme utilise conjointement report et stockage</i>	301
3.2.2. <i>Cas où la firme n'a pas réellement la possibilité d'utiliser conjointement stockage et report</i>	305
Conclusion.....	307
 Conclusion de la deuxième partie	 309
 CONCLUSION GENERALE	 313
 ANNEXES	 320
Annexe 1. Etude du coût de production selon la région du domaine des points candidats à l'optimum dans lequel on se situe pour un programme de vente de type décroissant avec stockage.....	321
Annexe 2. Etude des conditions d'optimalité des points [7'], [7''], [4'] et [2'] du programme de vente de type décroissant avec stockage....	327
Annexe 3. Etude des conditions d'optimalité des points [1'], [3'], [5'], [6'] et [6''] du programme de vente de type décroissant avec stockage	334
 BIBLIOGRAPHIE	 352
 TABLE DES TABLEAUX	 370
 TABLE DES GRAPHIQUES	 373
 TABLE DES ENCADRES	 379

