



HAL
open science

**Microéconomie de la localisation des activités agricoles.
Le cas d'une production à fortes contraintes
environnementales**

Solene Larue

► **To cite this version:**

Solene Larue. Microéconomie de la localisation des activités agricoles. Le cas d'une production à fortes contraintes environnementales. Sciences de l'Homme et Société. Université de Bourgogne, 2009. Français. NNT: . tel-02822774

HAL Id: tel-02822774

<https://hal.inrae.fr/tel-02822774>

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE BOURGOGNE
U.F.R. DE SCIENCE ECONOMIQUE ET DE GESTION

Année 2009

THÈSE

pour obtenir le grade de
Docteur en Sciences Economiques

Présentée et soutenue publiquement

par

Solène LARUE

Le 14 Mai 2009

Titre

**MICROÉCONOMIE DE LA LOCALISATION DES ACTIVITÉS
AGRICOLES.
LE CAS D'UNE PRODUCTION À FORTES CONTRAINTES
ENVIRONNEMENTALES.**

Directeur de thèse : M. Bertrand SCHMITT

JURY

Catherine BAUMONT
Luisito BERTINELLI (Rapporteur)
Jean-Philippe BOUSSEMART
Carl GAINÉ (Co-directeur de thèse)
Ludwig LAUWERS (Rapporteur)
Michel RIEU
Bertrand SCHMITT (Directeur de thèse)

Professeur, Université de Bourgogne
Professeur, Université du Luxembourg
Professeur, l'IESEG de Lille
Chargé de Recherche, INRA, Rennes
Directeur Scientifique, ILVO, Belgique
Responsable du pôle Economie, IFIP
Directeur de Recherche, INRA, Dijon

À ma maman, Danielle.

*“Imagination is more important than knowledge.
Knowledge is limited. Imagination encircles the world.”*

Albert Einstein.

La Faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires. Ces opinions doivent être considérées comme propre à leur auteur.

REMERCIEMENTS

«La recherche doit avant tout être un jeu et un plaisir.» disait Pierre Joliot. Malgré les inévitables obstacles qui ont jalonné mon chemin, le soutien et l'appui d'un bon nombre de personnes m'ont permis d'accomplir un travail qui, au lieu de combler ma curiosité, m'a ouvert de nouvelles perspectives...

Tout d'abord, je tiens à remercier Bertrand Schmitt. Son encadrement a été pour moi un atout certain : malgré ses fonctions, il a toujours su me consacrer le temps nécessaire afin de répondre à mes sollicitations. Ses conseils, ses « recadrages » et ses encouragements ont fortement aidé à l'élaboration de cette thèse. Les discussions que nous avons eues sont le fondement même de l'orientation donnée à mes travaux.

Cette thèse est également le fruit d'un co-encadrement : merci à Carl Gagné pour l'intérêt porté à mon travail. La sensibilité théorique à laquelle il a réussi (tant bien que mal) à m'initier m'a permis d'enrichir mes travaux et mes connaissances.

Ma thèse s'est effectuée dans des conditions privilégiées, je tiens pour cela à remercier l'INRA et la région Bourgogne pour le financement de mes recherches.

Je souhaite également remercier Ludwig Lauwers et Luisito Bertinelli en leur qualité de rapporteurs, ainsi que Catherine Baumont, Jean-Philippe Boussemart et Michel Rieu pour avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

La thèse est loin d'être un travail solitaire et se révèle être le fruit de collaborations qui ont permis d'enrichir les travaux entrepris. Je désire donc remercier Jens Abildtrup pour son accueil chaleureux lors de mon séjour danois ainsi que pour son enthousiasme et son investissement non négligeable dans notre travail. Je suis également très reconnaissante auprès de Laure Latruffe qui a su me guider à travers les méandres de l'économie de la production grâce à son énergie et sa pédagogie. Je souhaite enfin remercier Julie Le Gallo pour avoir mis « à ma disposition » ses talents économétriques. Je tiens également à remercier Michel Rieu, Estelle Ilari et Brigitte Badouard de l'IFIP ainsi qu'Anne-Marie Dussol pour leur aide précieuse lors de la formation des bases de données et des modèles.

L'environnement de travail dont j'ai bénéficié au sein du CESAER a été pour moi une chance. Merci à Francis Aubert pour sa confiance et ses encouragements. Un grand merci à Virginie Piguet pour nos conversations instructives et son aide plus qu'essentielle pour

synthétiser mes élucubrations informatiques. Merci à tous les membres du laboratoire qui m'ont permis de profiter d'un véritable creuset de connaissances et également à Christiane, Claudine et Evelyne pour leur appui tant administratif qu'amical.

Si ma thèse s'effectuait essentiellement à Dijon, j'ai eu l'occasion et la chance d'être accueillie dans d'autres laboratoires. J'ai ainsi eu l'opportunité de me rendre durant quelques mois à l'*Institute of Food and Resource Economics* de Copenhague. C'est pourquoi je tiens à adresser un grand *tak* aux membres du FOI qui ont rendu mon séjour ô combien agréable et fructueux. Le co-encadrement de ma thèse m'a également amenée de nombreuses fois à traverser la France pour m'installer en terre bretonne. Je tiens à remercier les personnes de l'UMR SMART de Rennes qui m'ont donné l'impression d'être chez moi. En particulier, *trugarez* à Chantal Le Mouël, Alain Carpentier, Pierre Dupraz, Hervé Guyomard et Laurent Piet.

Cette thèse n'aurait pu être menée à bien sans le soutien inconditionnel et l'affection de ma famille et de mes amis. Je tiens notamment à dire merci à Adeline, Axelle, Elodie, Florent, Gabin, Louis et Thierry qui m'ont réconfortée et (surtout) supportée pendant les périodes de doute. J'ai également une tendre pensée pour mon grand-père Raymond qui m'a donné le gène de la curiosité et le plaisir de la découverte.

Si je ne peux me prévaloir d'avoir la prose de Flaubert, j'ai au moins eu l'occasion de pouvoir m'épancher dans un « gueuloir » factice. Merci à la personne qui m'a rassurée, secouée, aidée et soutenue au cours de ma thèse, elle se reconnaîtra sans nul doute.

Merci à Sébastien pour sa tendresse, sa patience, ses encouragements et son humour salvateur.

Je tiens enfin à remercier les petits cochons ... sans eux, cette thèse n'aurait pas eu la même saveur.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1. La localisation des activités : une revue de littérature.	5
CHAPITRE 2. La localisation des activités agricoles. : quelle approche adopter ?	42
CHAPITRE 3. La localisation des activités agricoles : une modélisation de la structure de production.	83
CHAPITRE 4. Positive and negative agglomeration externalities: Arbitration in the pig sector.	130
CHAPITRE 5. The economics of Porkopolis. Evidence from France.	158
CHAPITRE 6. Agglomeration externalities and technical efficiency in French pig production.	186
CONCLUSION GENERALE	215
BIBLIOGRAPHIE	222
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES	234
TABLE DES MATIERES	236

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le 25 octobre 2007, le Grenelle Environnement clôturait ses portes après quelques mois de débats autour de l'environnement. Ces rencontres politiques visaient à prendre des décisions sur le long terme en matière d'environnement et de développement durable. L'un des groupes de travail était consacré aux modes de production et de consommation qui ont une portée directe sur le développement durable. Si l'agriculture est vouée à répondre aux besoins alimentaires, les innovations agricoles ont entraîné une atteinte à l'environnement. Selon ce groupe, l'origine des problèmes rencontrés est notamment due à la localisation des productions agricoles, et particulièrement à la concentration géographique des élevages.

Les politiques mises en œuvre peuvent influencer la productivité mais surtout le profit des agriculteurs. Les approches précédentes se focalisent sur l'impact des externalités d'agglomération, quelles soient positives ou négatives, sur la productivité et délaissent ainsi les gains que les producteurs en retirent. Tout agent économique rationnel adoptera une production plutôt qu'une autre si la première lui apporte un profit supérieur (ou une utilité supérieure, si l'agent n'est pas restreint à un entrepreneur). Cela est vrai pour tout agent mais notamment pour ceux du secteur agricole. En effet, l'une des questions posées par la Politique Agricole Commune est la tendance à la spécialisation des régions dans une production (ou plusieurs) plutôt qu'une autre. Cette tendance n'a lieu que s'il existe un avantage au niveau des gains qui incite l'agriculteur à choisir une production quand il est localisé dans une région en majorité spécialisée dans cette même production.

L'agriculture n'est pas uniforme dans l'espace et les politiques agricoles ont pour objectif de permettre un développement des activités agricoles à travers le territoire. La Politique

Agricole Commune, qui régit et protège le domaine agricole des pays membres, subit depuis 1992 des réformes qui modifient ainsi les modes de production. Les nouvelles directives privilégient en effet un développement équilibré de l'agriculture sur l'espace européen. La localisation des produits agricoles et leur concentration géographique deviennent alors un enjeu pour l'aménagement de l'espace rural : elles agissent sur l'emploi agricole et la valorisation des paysages. Les réformes des politiques agricoles et le renforcement du second pilier de la Politique Agricole Commune ouvrent donc les débats sur la multifonctionnalité de l'agriculture, sur le rôle local de la différenciation des produits (notamment par la qualité) et sur la localisation des productions. Quels seront les impacts territoriaux des réformes des politiques agricoles ?

Résoudre les problèmes à travers la localisation des productions agricoles conduit à s'intéresser aux raisons pour lesquelles cette localisation s'est faite. Ces questions relatives au rôle de l'agriculture dans le développement territorial et notamment celle des déterminants économiques de la localisation des productions sont un peu délaissées par les économistes agricoles et les économistes spatiaux. Si la question de la multifonctionnalité de l'agriculture ou celle sur le rôle local de la différenciation des produits et du signalement de la qualité sont étudiées par ailleurs, la question de la localisation des productions agricoles reste encore peu explorée. Cette étude nécessite la combinaison des acquis de l'économie spatiale et des outils de l'économie agricole.

Les travaux économiques portant sur la localisation des activités s'intéressent peu à la concentration spatiale des productions agricoles et notamment celles subissant des contraintes environnementales. Ce type d'analyse réclame de combiner les facteurs de la localisation avancés par l'économie spatiale (interactions sur les marchés des biens et du travail ; externalités de localisation ou d'urbanisation) et les éventuels effets de contraintes

environnementales spécifiques. En outre, la plupart des travaux appliqués s'appuient sur des données sectorielles agrégées et, rarement, sur des données individuelles. Le travail de thèse vise donc à intégrer les contraintes environnementales dans les approches de la localisation des activités et à mettre en œuvre des tests empiriques évaluant les gains et les coûts de l'agglomération ou de la dispersion au niveau de la firme, avec des applications au secteur porcin.

L'analyse des déterminants de la localisation des activités agricoles abordée dans cette thèse s'attache à des productions non liées à la Politique Agricole Commune de façon à prévoir quels seraient les impacts des réformes de cette politique sur les productions aidées. L'enjeu est donc de définir quels sont les mécanismes qui sont à l'œuvre dans la détermination de la localisation. De plus, nous abordons la question environnementale en soulignant les répercussions que peuvent avoir les politiques sur la localisation agricole et sa structure dans l'espace : l'arbitrage entre forces d'agglomération et environnement peut-il impliquer une dispersion des activités ? Enfin, à la lumière des réponses trouvées nous essaierons d'évaluer si les déterminants au niveau agrégé sont identiques au niveau individuel en étudiant leur impact sur les performances des exploitations. Notre quantification des divers vecteurs d'agglomération s'effectuera sur un unique secteur afin de définir de manière précise les mécanismes en cause. Le choix de notre étude s'est porté sur le secteur porcin du fait de sa forte concentration dans certaines régions du territoire européen et des contraintes environnementales associées qui modifient le lien à la terre de ces productions, et donc influencent d'autant plus leur localisation.

Afin de répondre à ces questions, le premier chapitre dresse un état des lieux non exhaustif de la littérature essentielle à la compréhension de la théorie de la localisation et permet de mettre

en évidence les facteurs de localisation déjà mis en évidence. Le second chapitre a pour but de mettre en évidence quelle serait la meilleure approche possible pour déterminer les facteurs de la localisation des productions agricoles en combinant à la fois les déterminants « traditionnels » de la localisation et les déterminants associés au secteur agricole. De plus, ce chapitre propose une réponse quant à l'analyse des déterminants de la localisation au niveau individuel en abordant la question grâce à l'économie de la production. Le troisième chapitre cherche à modéliser une partie des mécanismes propres au secteur porcin en se référant à un modèle de marché simple, puis en intégrant d'une part des débordements d'informations et d'autre part une réglementation environnementale.

Les chapitres suivants sont basés sur des articles empiriques mettant en application les déterminants préalablement déterminés. Ainsi les chapitres 4 et 5 s'attachent à expliciter les vecteurs qui ont conduit à la structure spatiale des productions porcine tant au Danemark qu'en France. Si ces études sont effectuées au niveau agrégé, le chapitre 6 met en application des outils de l'économie de la production afin d'estimer si les facteurs d'agglomération mis en évidence dans les études précédemment citées sont également des déterminants de la performance individuelle.

Cette thèse vise donc à apporter des éléments de compréhension sur les déterminants de la localisation des productions agricoles à fortes contraintes environnementales. Tout d'abord, elle apporte une synthèse sur la théorie de la localisation des activités puis l'aborde dans le cadre particulier des productions agricoles. Ensuite, elle apporte une modélisation d'un secteur particulier en se basant sur les outils de l'économie spatiale et les particularités d'une production agricole afin de mettre en lumière certains mécanismes. Enfin, elle présente des résultats empiriques sur les déterminants de la localisation des activités agricoles tant au niveau agrégé qu'individuel.

CHAPITRE 1

LA LOCALISATION DES ACTIVITES : UNE REVUE DE LITTERATURE.

L'économie spatiale permet d'introduire dans les mécanismes économiques habituels des processus essentiels tels que les coûts de transport, les forces de marchés (offre, demande, compétition), la différenciation des préférences et/ou des produits, etc. Les dynamiques de localisation découlent également des mutations tant techniques et technologiques (transport, innovation, modes de production et de gestion, ...) qu'économiques et sociales (mondialisation, interventions politiques, économies d'échelle, ...). Ces mécanismes de changement incitent à une modélisation de plus en plus performante de la théorie de la localisation et à une mise en exergue de l'intérêt pratique de telles recherches.

Ce premier chapitre a pour but d'établir un état des lieux non exhaustif de la littérature de la localisation des activités et ce à partir des approches historiques de la théorie de la localisation. Dans un premier temps, nous aborderons les approches de Ricardo, von Thünen et Weber afin de cerner les fondateurs de la théorie de la localisation. Ensuite, nous aborderons un élément essentiel de la proximité entre les agents, les externalités qui en découlent. Enfin nous aborderons le cas de la concurrence imparfaite qui a permis d'aborder l'équilibre général des modèles.

1. Les origines de la localisation des activités.

L'introduction de l'espace en économie passe par deux composants : l'hétérogénéité entre lieux, soit différentes ressources en différents points de l'espace, et le coût de la distance, assimilé le plus souvent au coût de transport. Traditionnellement les fondements de la théorie de la localisation sont associés à von Thünen. De plus, dans la continuité de ce dernier, le contexte industriel de l'économie a poussé Weber à se consacrer à la modélisation de la localisation industrielle.

Cette section met en avant les travaux de ces trois auteurs. Dans une première partie nous rappellerons brièvement l'apport de Ricardo dans le contexte de la théorie de la localisation, avant de nous attarder sur l'œuvre séminale de von Thünen. Enfin, nous donnerons quelques éléments sur le modèle de Weber.

1.1 *Ricardo : fondateur de l'économie internationale.*

L'espace n'est pas homogène, et cette hétérogénéité peut être perçue comme le résultat, combiné ou non, de sources d'agglomération de première et seconde nature (Cronon, 1991). Les origines d'une agglomération de première nature sont issues de facteurs exogènes au processus économique : dotation territoriale, ressources naturelles, climat, proximité des voies maritimes et fluviales, etc. La seconde catégorie est quant à elle relative aux interactions entre les agents.

Pour Ricardo (1817), l'existence de dotations naturelles hétérogènes est à l'origine des échanges entre régions et conduit à la spécialisation de ces régions¹ : les avantages comparatifs sont sources de localisation différenciée des activités, au niveau

¹ L'exemple du lin anglais et du vin portugais est rappelé et détaillé dans un article de Krugman et Obstfeld (1995).

macroéconomique. La spécialisation est alors la capacité d'un pays à concentrer sa capacité de production sur un type de biens pour lequel sa compétence est la meilleure. Le rééquilibrage entre les biens s'effectue grâce au commerce entre les pays. Le processus suppose donc l'existence d'une hétérogénéité spatiale exogène qui incite les agents ayant des préférences identiques à se localiser au même lieu.

Afin d'obtenir un raisonnement simple, Ricardo a imposé des hypothèses relativement restrictives :

- (i) Le monde n'est composé que de deux pays, le pays domestique et le pays étranger ;
- (ii) Chaque pays ne produit que deux biens ;
- (iii) Il n'y a qu'un seul facteur de production, le travail ;
- (iv) Double postulat : immobilité parfaite des facteurs entre nations et mobilité parfaite des facteurs à l'intérieur de l'Etat ;
- (v) Le pays domestique est moins productif que le pays étranger mais dans une moindre proportion pour l'un des biens ;
- (vi) Les coûts de transport sont nuls.

De plus, pour lui, la rente est le résultat d'avantages comparatifs déterminés par la qualité de la terre : plus fertile sera la terre, meilleures seront les rentes associées (et inversement). De même, il évoque la pression de la demande urbaine et des augmentations de densités de population rurale qui induisent également une augmentation de la rente.

La généralisation du modèle des avantages comparatifs à un monde comportant plusieurs pays, plusieurs facteurs de production et un panel important de bien a été développée entre autres par Chipman (1965) et Leamer (1987).

Le modèle ricardien ne se contente pas d'explicitier la spécialisation dans le secteur agricole comme le montre le théorème néo-classique Heckscher-Ohlin-Samuelson (1933) qui introduit la notion de *commerce international intra-branche*. Le modèle Heckscher-Ohlin-Samuelson (HOS) implique que le processus de spécialisation n'est plus uniquement dû à des différences de productivité du travail ou des différences de technologie, telles qu'énoncées par Ricardo, mais est essentiellement imputable à l'accès aux facteurs de production et à l'utilisation intensive de ces facteurs. Le modèle HOS reprend la notion ricardienne d'avantage comparatif en l'approfondissant. Ricardo considère l'avantage comparatif comme exogène : il serait déterminé par la comparaison des productivités relatives du travail (coefficients constants). Dans le modèle HOS, le but est de savoir la raison pour laquelle les productivités entre pays sont différentes : les coefficients sont ainsi déterminés à l'équilibre et leur valeur dépend de la dotation en facteurs de production et de la technologie. L'avantage comparatif est alors dû à des dotations relatives en facteurs de production, sachant l'absence d'obstacles tels que les coûts de transport (« barrières » naturelles) ou les décisions publiques (artifices tels que le protectionnisme).

L'apport du modèle HOS est notamment dû à :

- L'incorporation d'un facteur supplémentaire de production : le capital, qui s'ajoute au facteur travail pré-existant dans le modèle ricardien ;
- La similitude entre les fonctions de production des pays : ainsi à long terme, ils supposent que la meilleure technologie va fatalement s'imposer partout (protection partielle des innovations, diffusion des savoirs-faire).

En raisonnant sur deux pays, deux facteurs et deux biens de production, le modèle HOS démontre ainsi, grâce à de nouvelles hypothèses, qu'un pays a un avantage comparatif dans le bien dont la production nécessite l'utilisation relativement intensive du facteur de production qu'il possède en abondance relative.

Le modèle des avantages comparatifs postule également diverses hypothèses qui peuvent aujourd'hui être un frein à la localisation des activités :

- Immobilité des capitaux : avec les mouvements de déréglementation financière et la place des marchés financiers, le postulat de Ricardo se trouve contredit. De plus, l'idée ricardienne selon laquelle le libre échange est favorable à la croissance est entachée par les crises financières et l'inégale répartition des capitaux à travers le monde ;
- Le caractère inter-régional du modèle de Ricardo est aujourd'hui dépassé par le développement des firmes multinationales et de leurs filiales ;
- Le caractère inter-branches de ces théories, même au niveau macroéconomique, restait néanmoins un frein dans un contexte de mondialisation et sachant, par exemple que des pays comme la France et l'Allemagne s'échangeaient des produits similaires comme les voitures. C'est à ce niveau que la préférence pour la variété et les économies d'échelle, bases de la « nouvelle économie internationale » (Helpman et Krugman, 1985), sont intervenues.

De plus depuis Ricardo, il existe de nouveaux déterminants aux échanges pris en compte : notamment les rendements croissants (plus la production augmente et plus les coûts unitaires diminuent) ou les gains du commerce cumulatifs.

Ainsi le principe des avantages comparatifs au sens classique fût l'objet de nombreuses critiques : (i) la différence de productivité entre les régions peut être due à une accumulation du capital (physique, humain, social) et donc un résultat de l'histoire ; (ii) les coûts d'ajustement d'une spécialisation ne sont pas pris en compte ; (iii) les coûts de transport sont nuls et (iv) la théorie ricardienne ne considère ni les externalités d'échelle ni les externalités d'agglomération. Ce sont ces deux dernières raisons qui ont donné l'avantage aux modèles thüneniens en économie spatiale au niveau d'un seul pays, alors que le modèle de Ricardo

reste la référence en théorie du commerce et en économie internationale particulièrement par sa nature aisément généralisable. Ainsi, l'introduction d'un continuum de produits permet un classement des biens en fonction de leur productivité relative croissante et ce, à partir d'une « échelle d'avantage comparatif ». D'autre part, une autre extension du modèle de Ricardo permet la prise en compte des coûts de transport notamment afin d'expliquer l'existence de biens non-échangés.

1.2 Von Thünen : pionnier de l'économie spatiale.

Les modèles de la théorie de la localisation trouvent leur origine dans l'oeuvre fondatrice de von Thünen (1826), dont l'objectif était d'expliquer la localisation des activités agricoles autour des villes d'avant la révolution industrielle.

L'œuvre homogène de von Thünen se concentre autour d'une simple question : Comment, dans un espace donné, un producteur agricole peut-il augmenter ses profits et le choix de la localisation permet-il de maximiser ces profits ? Cette question, au premier abord très élémentaire, est pourtant le fondement même de l'économie spatiale : von Thünen intègre la notion de l'espace dans l'économie *via* la distance au marché et le transport des produits. L'hypothèse principale de von Thünen est la suivante : le profit d'un agriculteur repose sur l'utilisation optimale de la terre disponible et des coûts de transport. Il intègre alors dans son modèle les coûts de production mais avant tout, et là est toute l'originalité, les coûts de transport qui deviennent alors un élément de la compétitivité au même titre que le coût de production et la diversité de produits. Si von Thünen introduit la concurrence pour l'occupation des sols, il ne prend cependant pas en compte l'industrialisation ou l'urbanisation.

Von Thünen considère que le coût de production est identique quelle que soit la localisation : les producteurs utilisent les mêmes techniques de production, se comportent de manière à maximiser leur profit et il n'existe pas d'avantages comparatifs mais une diversité entre les produits.

De plus, von Thünen émet plusieurs hypothèses :

- (i) Le marché est situé au centre d'un *Etat isolé* ;
- (ii) L'*Etat isolé* est entouré d'étendues sauvages ;
- (iii) L'espace est homogène (plat, sans rivières ni montagnes) ainsi que la qualité du sol et le climat : il y a donc absence d'avantages comparatifs ;
- (iv) les producteurs apportent directement leurs produits aux marchés par le chemin le plus court (il n'y a pas de routes) : prise en compte des distances à vol d'oiseau.

Le problème du modèle thünennien reste alors de trouver les déterminants de la localisation des agricultures non urbaines : Pourquoi leur taille diffère ? Pour quelle(s) raison(s) les systèmes de production varient ? Quel est l'impact sur le système des prix ? Mais surtout que devient le schéma thünenien lorsque l'on intègre la notion de bien intermédiaire ?

Le modèle de von Thünen est représenté par l'équation suivante :

$$R = \sigma(p - c) - \sigma \times T \times d \quad (1.1)$$

où R représente la rente foncière, σ le rendement par unité de surface, p le prix du marché par unité de produit, c les charges de fabrication par unité de produit, T le coût de transport (par unité de produit et par unité de distance) et d la distance au marché.

Il admet que la consommation se concentre uniquement sur le marché urbain, donc seul le coût de transport T varie selon le produit, et ce en fonction de la distance d . Sachant (1.1), il

s'avère donc que la rente foncière R décroît linéairement avec la distance d . La rente s'annule pour une distance telle que :

$$\bar{d} = \frac{(p - c)}{T} \quad (1.2)$$

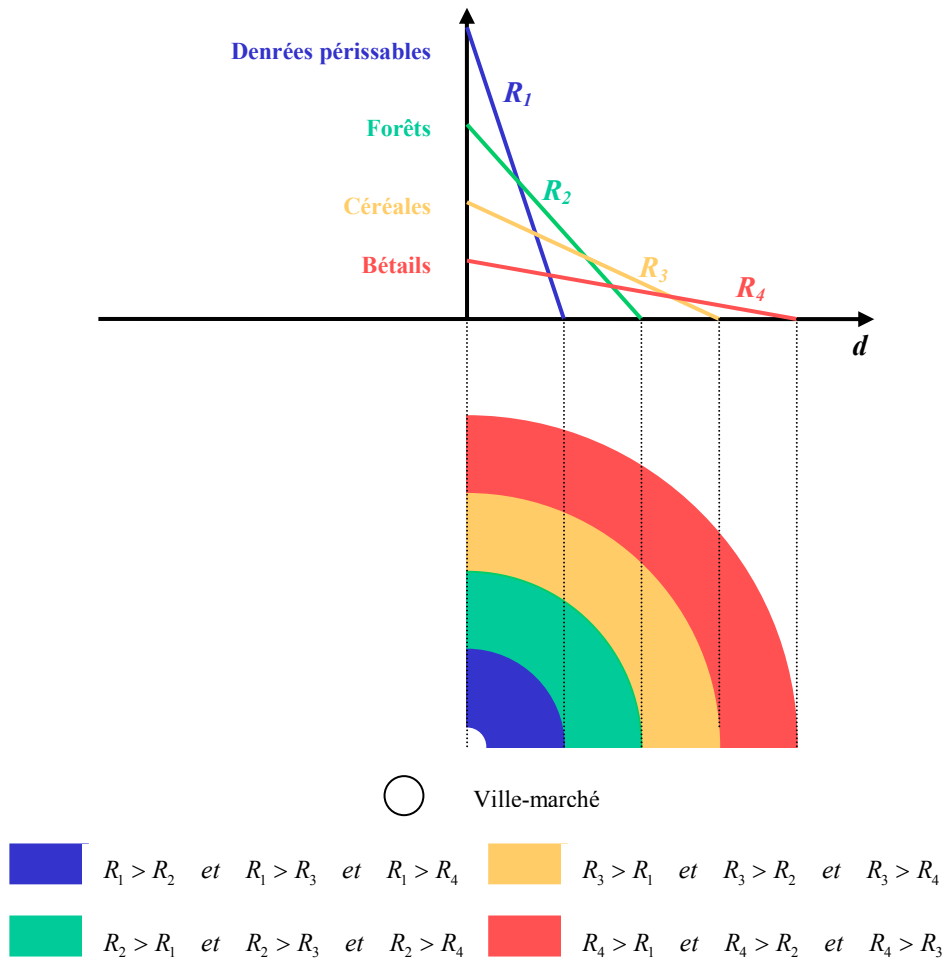
Cette relation met en avant l'ordonnement des cultures en fonction des coûts de fabrication et du coût de transport. La rente est plus importante pour les terres à proximité de la ville. Au-delà d'une distance seuil, les frais de transport annulent l'effet de la rente foncière et donc la culture envisagée sera abandonnée.

Von Thünen ayant calculé les coûts de transport par la distance à vol d'oiseau du marché, les zones ainsi définies sont circulaires : *les anneaux de von Thünen* qui sont représentés dans la figure 1.1. La production d'une denrée ne vaut la peine qu'à une distance donnée du marché. En dehors de cette distance, soit le transport devient trop élevé, soit une autre culture est plus rentable. Les anneaux les plus proches de la ville-marché sont voués à des productions à haute valeur ajoutée ou à forte demande (forêts pour le bois de chauffage), dont on ne peut grever le prix par un trop long transport (comme les légumes, les fruits, ou le lait); tandis que les anneaux les plus éloignés se caractérisent par une mise en valeur de moins en moins intensive (élevage extensif, céréales qui alternent avec de la jachère).

Simplifiant son modèle en faisant disparaître les autres facteurs, il obtient alors un Etat isolé homogène avec, au centre, une ville-marché. Il détermine ainsi la localisation de différentes productions agricoles autour d'un centre de consommation : l'ordonnement autour de ce marché central est alors fonction de la distance et des coûts. Von Thünen montre ainsi comment la localisation d'un agent peut influencer sa rente (notion introduisant le rendement financier en fonction du prix des outputs et la nature du sol). Le coût du transport dépend de la distance et du produit. Le profit par unité de surface (rente de situation) décroît plus la

distance au marché est grande. Son modèle de répartition de la production, fondé sur l'analyse détaillée de la production agricole et de la localisation, permet ainsi déductions et prévisions.

Figure 1.1. Le modèle de von Thünen.



Von Thünen a tenu à s'approcher le plus possible de la réalité. Cependant son modèle n'est pas forcément généralisable. Ainsi les prévisions thüneniennes se réalisent (la Pampa autour de Buenos Aires ou le Choa en Ethiopie par exemple) mais très rarement. Cependant, le modèle de von Thünen a été emprunté dans le cadre de la nouvelle économie urbaine pour

déduire les schémas issus de la localisation simultanée des activités et des ménages due à l'arbitrage entre prix foncier et revenu des ménages².

Localiser a priori le marché

La présentation du modèle séminal de von Thünen nous a permis de mettre en avant l'intérêt historique. Cependant, l'interprétation de E.S. Dunn (1954) nous permet de comprendre les enjeux réels d'un tel modèle : « *the spatial orientation of any agricultural industry, and hence its supply, is determined not only by its own equilibrium price, but by the equilibrium price of all other industries as well* » (p.18)

Rappelons que le modèle thünennien est principalement constitué d'une ville qui est le marché. Chaque agriculteur paie un coût de transport relatif à la distance à ce même et unique marché. Du fait que chaque culture possède le même rendement quelle que soit sa localisation, la rente de fertilité ricardienne est alors écartée au profit d'une rente de localisation. **L'avancée de von Thünen dans son modèle se trouve dans le fait que l'espace agricole se développe au gré de déterminants économiques** (coûts, rendement, prix de marché). Ainsi plus l'agriculture est intégrée au marché plus elle se spécialise en fonction de sa distance à ce même marché : l'espace agricole est fonction du développement urbain.

L'intérêt du travail de Dunn fût non pas de renouveler intrinsèquement le modèle de von Thünen mais plutôt de pallier son caractère statique dans le temps. *Via* une analyse en statique comparative, Dunn analyse les modifications d'un système à deux cultures en faisant varier les paramètres économiques de l'équation. Ainsi, sans modifier le schéma des anneaux de Thünen il démontre que l'espace se transforme à chaque nouveau développement

² Le modèle de von Thünen a été ainsi appliqué pour analyser le schéma urbain de la ville de Chicago (McMillen D.P. et McDonald , 1998a et 1998b).

économique : accroissement des rendements, baisse des coûts de production et de transport. Il apparaît alors que les activités agricoles sont rejetées dans les zones périurbaines (agriculture intensive mettant sur le marché des produits non transformés) à non urbaines (production agricole « industrielle » à vocation de transformation).

L'apport de Dunn est alors d'intégrer la notion de bien intermédiaire. Cette dernière hypothèse incorporée dans la théorie de von Thünen influence l'organisation spatiale globale. En effet, il s'avère alors que plusieurs produits peuvent être simultanément produits en une même localisation et non plus en des places distinctes. La modélisation de ce problème fût introduite par Mills (1970) puis étendue par Goldstein et Moses (1975) : l'achat de produits en tant que biens intermédiaires par d'autres producteurs se fait en minimisant la distance (sans passage obligé par la ville-marché).

L'apport des modèles incorporant les biens intermédiaires n'est pas négligeable. En effet, la conclusion principale de ce modèle est que le schéma reste basé sur des cercles concentriques autour du centre-marché : selon le coût de transport du bien intermédiaire, soit (i) le coût de transport du bien intermédiaire est faible par rapport au coût de transport du bien final et donc le bien final reste localisé proche du centre tandis que le bien intermédiaire est produit plus loin ; soit (ii) dans le cas inverse les deux activités sont localisées au même endroit. **Ainsi, si les coûts de transport ont tendance à se réduire, leur évolution relative reste décisive dans l'organisation spatiale** (Fujita et Thisse, 2002, Ch. 3).

Réalité contemporaine de la théorie de von Thünen

Ainsi selon von Thünen la théorie de la localisation des activités agricoles renvoie à la fois au processus de localisation-allocation du facteur terre utilisé par les producteurs et l'organisation spatiale des différents types d'exploitations agricoles.

Si Ricardo s'appuie sur les avantages relatifs de la terre et la spécialisation due à ces avantages, von Thünen centralise sa théorie sur les coûts de transport entre les lieux de production et d'échanges. Selon lui les objectifs ne sont pas les mêmes selon le niveau auquel nous nous plaçons :

- au niveau individuel : il s'agit soit de trouver une localisation optimale à programme de production donné, soit d'optimiser la production à localisation donnée ;
- au niveau agrégé : il s'agit alors d'identifier le choix d'une localisation et dans quelle mesure elle influe sur le profit, de comprendre le rôle de la concurrence foncière dans l'ordonnement des différents acteurs du marché dans l'espace et enfin de déterminer en quoi la localisation influence l'efficacité de production (tant au niveau technique qu'au niveau de la rentabilité).

Cependant, les caractéristiques de l'agent, de la terre et du marché sont les éléments essentiels à l'analyse.

Notons que le lien entre productivité des sols et prix de la terre avancé dans les travaux de von Thünen s'est par la suite vu complété par la réflexion sur la distance à un pôle d'emploi (Central Business District). Les mécanismes évoqués dans la théorie thünenienne s'appliquent aux villes, même si le processus s'avère plus complexe : le schéma thünenien est appliqué à la localisation résidentielle (économie urbaine). Cependant le modèle thünenien reste difficilement applicable au secteur industriel.

1.3 Weber : initiateur de la localisation industrielle.

Le modèle de localisation de la firme a, quant à lui, pour pionnier Weber (1909). Dans la lignée de von Thünen et sa théorie sur la localisation des activités agricoles, Weber a voulu définir un modèle explicatif du phénomène d'industrialisation caractéristique du début du

XX^{ème} siècle. Contrairement au modèle thünenien, le choix d'une localisation de la firme implique la recherche d'un accès en éventail aux marchés, en prenant en compte leur taille et leur localisation relative et non plus le seul accès au marché des matières premières.

L'hypothèse principale de Weber est que la firme cherche à minimiser son coût total de transport. Ainsi, en s'intéressant à la localisation des firmes, il pondère les distances par des coefficients rendant compte du poids des marchés selon leur importance.

Weber montre que la firme n'arbitre pas seulement au regard des prix sur différents marchés non spatialisés, mais aussi au regard des avantages relatifs de différents lieux de production. La localisation qui minimise les coûts de production³ coïncide pour Weber à une localisation optimale (remis en cause par Perreux et Thisse, 1973). Outre le fait que Weber considère un espace homogène sur tous les plans (culturel, politique et spatial), son modèle repose sur trois axiomes fondamentaux :

- (i) Les matières premières ont une localisation spécifique : la firme a tendance à se rapprocher de cette localisation afin de réduire les coûts de transport (et donc les coûts de production) ;
- (ii) Les marchés des produits finis sont localisés en certains points de l'espace et la concurrence est parfaite (aucun agent ne peut influencer les prix de par sa propre action) ;
- (iii) les bassins de main d'œuvre sont localisés et peuvent fournir un nombre illimité de travailleurs à un certain taux de salaire.

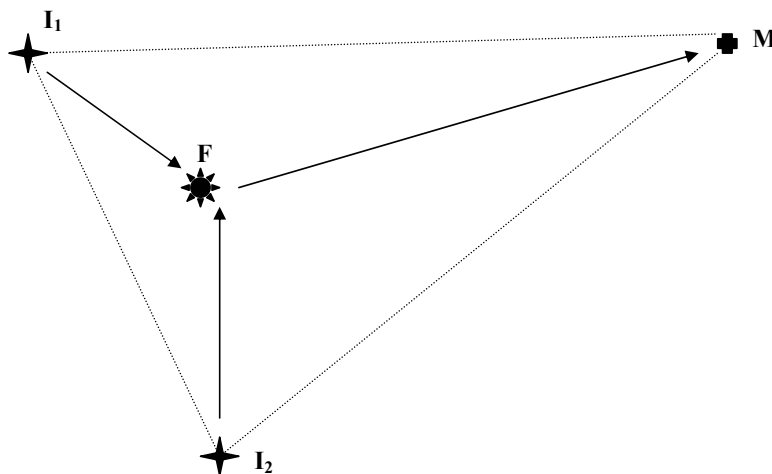
La localisation de la firme est influencée par trois facteurs (Mérenne- Schoumaker, 1991) : les forces d'agglomération (facteur local), les coûts de transport de marchandises - matières premières et produits finis à livrer au marché - proportionnels et les coûts de main d'œuvre -

³ La localisation optimale peut être différente de la localisation qui maximise le profit.

une accessibilité au marché de l'emploi - (facteurs régionaux). L'optimisation de la localisation est donc un arbitrage entre ces trois facteurs (résolution en trois étapes) : la firme veut minimiser ses coûts liés à sa localisation.

La théorie de Weber se base sur le facteur fondamental que sont les coûts de transport. Le coût de transport est une fonction pondérée des quantités transportées et de la distance couverte par ces quantités. De même que Laundhart (1885), Weber base son raisonnement sur un triangle de localisation (figure 1.2). L'intérêt est de définir le point de moindre coût qui minimise les déplacements entre le marché et les marchés d'inputs.

Figure 1.2. Le triangle de localisation de Weber.



M : point de consommation

I₂ : source de matière première 2

I₁ : source de matière première 1

F : point de fabrication

Ainsi dans ce triangle (figure 1.2) nous retrouvons : M le point de consommation, les sources d'inputs I₁ et I₂, et le point F qui doit représenter la localisation optimale (*i.e.* de moindres coûts de transport).

Supposons que la distance entre I₁ et F est D₁, celle entre I₂ et F est D₂ et que celle entre M et F est D₃. Si une unité de production nécessite une quantité X₁ de I₁ et une quantité X₂ de I₂, et

que le produit est emmené sur le marché pour une quantité égale à Y alors la localisation optimale doit être la solution de : $Min C = D_1X_1 + D_2X_2 + D_3Y$ (Polèse et Shearmur, 2005). Ce point minimum de coût de transport représente un équilibre partiel, et non pas général, l'agent se positionne selon des hypothèses qui ne concernent que les coûts de transport et pas l'ensemble des coûts.

Dans une seconde étape, l'optimisation de la localisation se fait par rapport à l'existence d'un bassin de main d'œuvre à faible coût. Le déplacement de l'optimum ne s'effectue alors que si le coût de déplacement vers cette main d'œuvre est inférieur à l'économie faite en embauchant cette main d'œuvre. Enfin, l'optimal peut être dévié par des forces d'agglomération (ou de désagglomération). Le raisonnement reste le même que pour les coûts de main d'œuvre : il faut pour cela que l'économie induite soit supérieure aux frais de déplacement. Cependant, notons que chez Weber la notion d'agglomération est très disparate, se confondant souvent avec les aires de faibles coûts de main d'œuvre.

Le point minimum de coût de transport représente un équilibre partiel, et non pas général, l'agent se positionne selon des hypothèses qui ne concernent que les coûts de transport et pas l'ensemble des coûts. De plus, ce modèle ne prend en compte qu'un groupe d'agents dans l'espace, avec F comme décisionnaire. Or F peut produire un bien intermédiaire pour M qui doit lui-même optimiser sa localisation par rapport à ses propres fournisseurs et ses propres marchés « finaux ». La seule combinaison de telles structures (modèles étendus notamment en recherche opérationnelle) semble limiter la possibilité d'un équilibre partiel, et ce sans prendre en compte les externalités d'agglomération sous-jacentes.

L'accessibilité, fait d'accéder plus ou moins facilement aux fournisseurs ou aux marchés, qui met l'accent sur la possibilité d'une interaction entre agents économiques n'est qu'approximée

par les coûts de transport mais ne tient pas compte des débouchés, des congestions possibles lors du parcours, etc. (Perreur et Peeters, 1996).

Les modèles étendus de Weber ne prennent pas non plus en compte les économies d'agglomération ou la structure des marchés, ce qui est un frein à l'application de tels modèles. De plus, l'aléa principal reste que le modèle wébérien minimise le coût de transport, et non pas l'ensemble des coûts, et donc ne maximise pas le profit (sauf si la localisation est un minima *ex post* du coût de transport⁴) ... Ceci relève de la priorité du producteur rationnel en microéconomie.

2. Les externalités dans le cadre de l'équilibre partiel en concurrence pure et parfaite.

Depuis Alfred Marshall (1890), les externalités sont devenues un des points centraux de l'économie spatiale. Les externalités sont considérées comme nécessaires à la formation des agglomérations économiques, dans la mesure où elles engendrent une sorte d'effet d'irréversibilité : « *Lorsqu'une industrie a ainsi choisi une localité, elle a des chances d'y rester longtemps, tant sont grands les avantages que présente pour des gens adonnés à la même industrie qualifiée, le fait d'être près les uns des autres.* »⁵ Les économies d'agglomération sont réparties dans ce qui découle des interactions du marché du travail, des relations entre amont et aval, et des *knowledge spillovers*⁶. Les externalités se définissent comme un gain ou une perte résultant de l'interdépendance des décisions individuelles : soit tout impact de l'action d'un agent A sur un agent B qui n'est pas prise en compte par le marché.

⁴ Thisse et Perreur, 1977.

⁵ p.465 de la traduction française.

⁶ Relatifs aux principaux exemples introduits par Marshall dans sa discussion des sources de l'économie d'agglomération (1890).

Les externalités marshalliennes permettent de raisonner non plus en unité isolée mais en système et donc, d'intégrer la notion d'agglomération qui apporte de nouvelles hypothèses à la théorie de la localisation. Cependant, l'intégration des économies marshalliennes dans les modèles spatiaux reste superficielle : l'absence de formalisation incite à s'interroger sur la nature même de ces externalités et ainsi d'ouvrir la fameuse « boîte noire » (Fujita et Thisse, 2002). Scitovsky (1954) définit les externalités :

- (i) Soit comme des externalités pécuniaires, c'est-à-dire relevant des échanges marchands ;
- (ii) Soit comme des externalités technologiques (ou « pures »), c'est-à-dire indépendantes des prix, et relatives aux échanges non-marchands.

Les externalités pécuniaires, liées aux prix, sont plus faciles à appréhender et à identifier car elles relèvent du processus du marché : elles sont endogènes. *A contrario*, les externalités technologiques restent peu étudiées de par leur complexité, elles sont de plus souvent postulées *a priori* (Henderson, 1988).

L'intérêt des externalités a pris également son essor lors de l'énoncé du théorème d'impossibilité spatiale de Starrett (1978). En effet, l'auteur expose la présence d'indivisibilités spatiales qui rendent la concurrence pure et parfaite inadaptée pour traiter la localisation des activités. Ces indivisibilités sont issues de l'intégration de coûts de transport dans un modèle ou de l'introduction de l'espace. Ce théorème impose donc d'analyser la localisation des activités sous certaines hypothèses dont celle d'existence d'externalités (les forces mobilisées sont issues d'interactions hors-marché).

Les mécanismes marchands producteurs d'externalités pécuniaires seront développés ultérieurement (notamment dans la partie 3). Cette partie est donc consacrée aux mécanismes induisant les externalités technologiques.

2.1 Les externalités d'agglomération.

Les économies externes à l'activité qui découlent de la proximité d'autres activités sont intitulées, dans la littérature spatiale « économies d'agglomération ». L'initiateur de cette notion, Alfred Marshall (1890), se place dans un contexte micro-économique et industriel. Le concept d'économie d'échelle relève, selon lui, non seulement d'éléments internes à la firme telle que l'augmentation de sa taille, mais également d'éléments qui lui sont extérieurs et qu'elle ne contrôle donc pas, comme la concentration géographique d'autres activités.

Marshall insiste sur trois principales sources d'externalités⁷ :

- (i) **Les *spillovers* d'information** : la proximité favorise en effet la circulation des informations (de toute nature : soit informations technologiques soit informations sur les marchés) et stimule l'innovation (et donc diminue les coûts d'acquisition) ;
- (ii) **Le partage (non marchand) d'inputs communs⁸** : la proximité des activités favorise le partage d'infrastructures ou de services dont les coûts d'installation individuels sont trop élevés (et donc diminue les coûts d'usage) ;
- (iii) Enfin, **le partage d'une main d'œuvre spécifique** : la proximité permet la formation d'une main d'œuvre à compétence spécialisée et donc un ajustement prompt de la production à la demande (diminution des coûts de formation ou d'appariement).

⁷ Fujita et Thisse, 2003.

⁸ La notion de partage des inputs énoncée par Marshall dépend de la présence ou non d'économies d'échelle. En effet, s'il n'y a pas d'économies d'échelle, l'agent en amont peut fournir les inputs au même prix, qu'il soit ou non isolé. Par contre, en présence d'économie d'échelle, le fait d'être à proximité de clients ou d'autres entreprises fournisseuses d'inputs influe sur le prix et donc rend la position d'isolement moins attractive.

Une nouvelle source d'externalité a vu le jour depuis la taxonomie de Marshall : les effets du capital social. En effet, une agglomération d'agents économiques crée non seulement des interactions mais introduit également une notion de réseaux (Durlauf, 2004).

Les externalités d'agglomération ont donné lieu à une littérature empirique relativement prolifique (Tableau 1.1 ; pour une revue de littérature détaillée voir Rosenthal et Strange, 2004) après les travaux sur la croissance de l'emploi dans les villes des Etats-Unis par Glaeser *et al.* (1992) et Henderson *et al.* (1995). Ainsi, s'il s'avère que les économies de localisation ont un impact non négligeable sur la productivité et la croissance des entreprises, les externalités d'urbanisation ont quant à elles un effet amoindri sur la productivité. Ainsi Ellison et Glaeser (1997) montrent que le niveau d'agglomération est très différent selon le type d'industrie, tout comme l'agglomération entre industries de secteurs différents.

Les déterminants de l'agglomération ont été peu étudiés par eux même. Cependant, Dumais *et al.* (2002) ont observé les mécanismes microéconomiques sous-jacents à l'agglomération et ont montré que les industries avec une main d'œuvre similaire avaient plus de chance de se concentrer. De plus, Audretsch et Feldman (1996) montrent que les industries d'innovation, ou basées sur la R&D, étaient plus concentrées que d'autres. Cependant au niveau théorique, ces déterminants ont été très bien développés que ce soit au niveau du partage des inputs (Goldstein et Gronberg, 1984), de la main d'œuvre (Helsley et Strange, 1990) ou des débordements de connaissances (Glaeser, 1999). Combinant à la fois la littérature empirique et la littérature théorique sur les déterminants des externalités d'agglomération, Rosenthal et Strange (2001) mettent en avant les mécanismes microéconomiques des économies d'agglomération dans le secteur industriel américain. Ils en déduisent que les variables permettant de capter les effets d'appariement de la main d'œuvre possèdent les effets les plus

robustes, permettant ainsi une agglomération des activités. Cependant, les effets positifs du partage des inputs et des débordements des connaissances s'avèrent moins significatifs.

Tableau 1.1. Etudes des externalités d'agglomération.

Élément analysé	Article	Résultats clés
<i>Partage d'inputs</i>	Holmes (1999)	Achats d'inputs plus importants lors de regroupements.
<i>Appariement de la main d'oeuvre</i>	Diamond et Simon (1990)	Risque du marché du travail capitalisé dans les salaires
	Kahn et Costa (2001)	Un haut degré d'étude est lié à une localisation urbaine
<i>Débordement des connaissances</i>	Moretti (2000)	L'éducation moyenne de la ville augmente le salaire
<i>Effets du « home market »</i>	David et Weinstein (1999)	Le développement régional est expliqué par l'accès au marché pour certaines industries
<i>Effet global</i>	Rosenthal et Strange (2001)	Appariement de la main d'œuvre à divers niveaux géographiques, du débordement des connaissances et du partage des inputs au niveau communal et des états.
	Dumais <i>et al.</i> (2002)	Forte évidence d'un appariement de la main d'œuvre, mais résultats moins probants pour le partage des inputs et le débordement des connaissances.
	Audretsh-Feldman (1996)	Au niveau des états américains, partage des inputs et débordements des connaissances

Source : Rosenthal et Strange (2004)

Il apparaît donc que la mesure des déterminants de l'agglomération est difficile : les caractéristiques des secteurs peuvent ainsi poser des problèmes économétriques tels que les

variables manquantes ou les biais d'endogénéité. Les phénomènes sous-jacents développés dans les modèles théoriques sont alors peu mis en exergue mais s'ils le sont, c'est de manière robuste.

Le concept considéré par Marshall peut être résumé de la manière suivante (Combes, Mayer et Thisse, 2007 ; p.53) :

« Toute agglomération est le résultat d'un effet boule de neige où la concentration d'un nombre croissant d'agents qui souhaitent se regrouper pour bénéficier des avantages liés à une plus grande diversité et une plus grande spécialisation dans les activités renforce ces avantages, ce qui attire de nouveaux agents, et ainsi de suite. ».

L'analyse empirique des sources d'agglomérations telles qu'évoquées par Marshall peut s'effectuer à travers des *proxies* des mécanismes microéconomiques, notamment lorsqu'il s'agit de les déduire des données de productivité, de croissance ou des salaires. Ainsi, s'il est difficile de relier le concept de partage des inputs avec la productivité, il est possible de déterminer quand ce partage a lieu. L'introduction de cette information dans les modèles de localisation permet alors d'analyser les liens théoriques entre le partage d'input et l'agglomération. Ce raisonnement est applicable aux trois sources d'agglomération citées par Marshall. Que ce soit Holmes (1999) qui a montré le lien positif entre concentration et partage des inputs ou Costa et Kahn ((2000) qui ont mis en avant le rôle du partage d'une main d'œuvre spécifique dans la formation des villes, la littérature empirique relatant l'analyse de Marshall sur les sources d'agglomération est assez importante (pour une revue de littérature plus détaillée, voir Rosenthal et Strange (2004)).

Ainsi, les débordements de connaissance semblent avoir été la source qui a inspiré le plus d'analyses. En effet, cette source d'agglomération n'est pas la même selon le type de secteur

et surtout prend en compte d'autres notions telles que le capital humain ou le capital social. Cependant, aussi intéressant soit-il, ce mécanisme microéconomique est difficilement abordable au niveau empirique : en effet, les débordements de connaissances (*spillovers*) ne sont pas partagés à des moments spécifiques (comme en cas de vente ou d'achat de biens) mais de manière continue dans le temps (Helsey et Strange, 2002). Le défi faisant, de nombreuses études se sont concentrées sur cette question :

- Jaffee *et al.* (1993) ont organisé leurs travaux autour de l'idée que les débordements de connaissances s'atténuent avec la distance dans le secteur industriel et que les agents affectés par ce phénomène étaient les plus concentrés spatialement ;
- En parallèle, de nombreuses études sur les entreprises tournées vers l'innovation ont été menées. Malgré la difficulté de cerner les *knowledges spillovers* dans de telles structures, les rendements issus de ces externalités apparaissent comme très importants dans ce secteur. Ainsi Audretsch et Feldman (1996) ont établi que ces débordements pouvaient provenir d'autres industries innovantes locales, des universités, des dépenses en R&D ou bien encore en travail qualifié disponible ;
- Le secteur urbain a également été un domaine d'application de ces débordements de connaissance notamment à travers le capital humain. Cependant, comme l'ont démontré Charlot et Duranton (2004), la prise en compte des débordements de connaissance *via* le niveau d'éducation peut être insatisfaisant car l'enchaînement des interactions (et donc des débordements) des connaissances est difficilement identifiable. Les mécanismes sous-jacents étant peu mis en évidence (contrairement aux autres analyses), le capital humain comme source d'agglomération dans les villes est encore une question très étudiée.

La productivité d'une activité est donc affectée non seulement par des économies d'échelle internes, permises par sa taille, mais également par des économies d'échelles externes, les

économies d'agglomération, qui sont le produit de la proximité entre les agents économiques. Partant de cette définition, Isard (1956) classe les économies d'agglomération, que nous nommerons indifféremment par la suite externalités d'agglomération, en deux niveaux :

- (i) Les économies de localisation, nommées également externalités de type *MAR* (Marshall, 1890 ; Arrow, 1962 ; Romer, 1986), sont en fait des économies d'échelles externes à l'activité mais internes au secteur (découlent donc de la proximité d'activités du même secteur). Cette « atmosphère industrielle »⁹, comme la nomme Marshall, émane par exemple des qualifications ou des compétences acquises par la main d'œuvre présente, d'une meilleure circulation des informations spécifiques au secteur (condition des marchés, prix des inputs, etc.) ou bien encore des centres de recherche spécialisé (innovations) ;
- (ii) Les économies d'urbanisation, ou externalités Jacobs (1969), sont des économies d'échelles externes à la firme mais également externes au secteur : elles touchent donc toutes les activités quel que soit leur secteur. La concentration géographique des activités permet en effet une présence diversifiée et en grand nombre d'agents économiques. La combinaison de ces différentes activités implique alors un creuset de connaissances, mains d'œuvre, innovations, biens intermédiaires, etc. mais également un partage des infrastructures ou autres biens publics. Les relations entre ces différents agents peuvent aussi bien être commerciales (relation amont-aval) que technologiques (*nursery*, infrastructures d'accueil d'entreprises, services juridiques, etc.)

Les agents économiques trouvent un intérêt à se concentrer géographiquement notamment à cause de ces externalités d'agglomération : tout comme les économies d'échelle, ces

⁹ Le terme « industrielle » est employé par Marshall dans son œuvre de 1890, cependant les exemples d'économies de localisation citées par la suite sont bien entendu applicables à tous les secteurs.

externalités permettent de minimiser leurs coûts. Un lemme répandu en économie spatiale définit les économies d'agglomération comme une cause des différences spatiales : elles expliquent aussi bien les inégalités de développement régional que la formation des zones urbaines. Par exemple, les interactions entre les différents acteurs de l'économie incitent les activités à se concentrer géographiquement et ce dans le but de minimiser leur coûts de transport : cette hétérogénéité de l'espace a été qualifiée par Hirshman (1958) d'« effets d'entraînement »¹⁰.

2.2 *Vers une nouvelle taxonomie des externalités.*

Toutefois, les externalités marshalliennes sont souvent considérées comme une boîte noire dissimulant des mécanismes microéconomiques plus subtils. C'est pourquoi, la pertinence de ce point de vue lors d'études empiriques devrait être précédée d'un concept économique plus construit. **Duranton et Puga (2004) décrivent ainsi une nouvelle division des économies marshalliennes selon les mécanismes de *sharing* (le partage), de *matching* (l'appariement), et de *learning* (apprentissage).**

Le but de cette nouvelle classification est d'étudier les mécanismes qui fournissent les bases micro-économiques des économies d'agglomération urbaine. Cependant, l'ouverture de la « boîte noire » des externalités n'étant pas notre sujet d'étude, nous développerons leur taxonomie en l'illustrant d'exemples relevant du secteur de l'agriculture. L'accès aux externalités est important afin de déceler les origines des économies d'agglomération, d'identifier les externalités séparément et enfin, la classification permet d'intégrer les politiques inhérentes à chaque processus.

¹⁰ Ces effets renvoient bien au concept de mécanisme cumulatif précédemment défini.

Sharing

Pour justifier de l'existence des villes, l'argument le plus simple reste l'existence de biens ou d'équipements indivisibles. Cette partie du mécanisme de *sharing* relève de l'économie publique. Les auteurs prennent l'exemple d'une patinoire de hockey mais ce genre de *sharing* rentre tout à fait dans le schéma de la production porcine. En effet, considérons un centre d'abattage. Ce service est cher avec des coûts fixes conséquents : construction réglementée, système de climatisation/réfrigération sophistiqués pour la viande, différentes chaînes pour chaque étapes du processus, etc. Peu de producteurs peuvent se prévaloir de posséder leur propre abattoir. Si n producteurs partagent le coût d'une telle structure cela reste faisable ; par contre, n'en construire qu'une partie équivalente à $1/n$ serait irrationnel, voire incongru. C'est également un bien de club étant donné que l'utilisation d'une telle structure peut être limitée aux membres d'une coopérative ou d'un regroupement de producteurs. De plus, si le groupe peut s'agrandir et ainsi provoquer un engorgement croissant de la structure. L'encombrement peut prendre deux formes : contraintes de capacité (tout le monde ne peut pas l'utiliser en même temps) ou localisation du centre d'abattage qui peut être décentralisée (et donc certains participants se trouvent trop loin de la structure).

Le second argument du mécanisme du partage est basé sur les avantages productifs du partage d'une plus grande variété. Cela consiste à réunir les entreprises situées aussi bien en amont (intégration horizontale) qu'en aval (intégration verticale) de la chaîne de transformation d'un bien afin réduire les coûts (partage efficace).

Le *sharing* peut également découler par le biais des spécialisations individuelles¹¹. Cette spécialisation, selon Smith, provoque un gain de productivité car les ouvriers peuvent prendre plus de temps pour chaque action. Cela serait dû au *learning by doing* (dextérité des actions répétées), au gain du coût de changement de la main d'œuvre et à une meilleure répartition du

¹¹ Pour les autres spécialisation voir par exemple Butault et Barkaoui (2004).

travail. Cet aspect du *sharing* peut s'appliquer aux productions agricoles où la spécialisation, quelle que soit l'activité mais n'est pas spontané : élevage bovin (lait, viande, etc.), élevage porcin (naisseurs, naisseurs-engraisseurs, engraisseurs), productions céréalières, etc.

Enfin, le dernier aspect du *sharing* abordé est le partage du risque¹². L'idée fondatrice est que les industries gagnent à se regrouper pour contrer les fluctuations du marché (Marshall, 1890). Ainsi de nombreux producteurs agricoles se regroupent afin de pallier le cycle des prix (partage du risque) : ainsi par exemple, la création de coopératives au sein du secteur porcin a permis aux producteurs de mieux appréhender les cycles du prix du porc très aléatoire.

Matching

Dans le cadre du *matching*, on considère des individus hétérogènes. Le phénomène du *matching* peut être défini de la manière suivante : plus un marché est important, meilleur sera l'appariement entre les employeurs et les salariés (ou les chômeurs et les vacances d'emploi), les acheteurs et les fournisseurs, ou les associés.

Le *matching* se réfère à la capacité d'améliorer la qualité (e.g. en améliorant l'appariement entre les compétences exigées par les entreprises et les compétences offertes par la main d'œuvre) et à la propension à soulager les problèmes de *hold-up* (contrats incomplets)¹³.

La qualité de l'appariement peut être définie de deux manières. La première est une externalité de *matching* développée par Helsley et Strange (1990), par la quelle une augmentation de l'appariement se fait en augmentant la complémentarité entre les agents (par exemple, effet d'urbanisation). La seconde, définie par Duranton et Puga (2004), est le résultat des aides à la concurrence : elles permettent en effet d'économiser les coûts fixes

¹² Le *labour pooling* est un processus de partage reconnu dans la littérature comme source d'économies d'agglomérations (Duranton et Puga, 2004).

¹³ Cette seconde facette du *matching* ne sera pas développée dans cette thèse.

grâce à la production croissante tandis que les coûts liés à la main d'œuvre croissent mais en moindre proportion (démarche différente de la première).

Ellison, Fudenberg, et Möbius (2004) explorent un mécanisme d'agglomération relatif aux enchères de concurrence : pour eux, l'équilibre des marchés dépend de la proportion globale des acheteurs-vendeurs mais également de la taille des marchés. Dans une contribution récente, Venables (2002) déclare également que les villes améliorent la qualité du *matching*.

Les chances d'assortiment sont améliorées lorsque le nombre d'agents ayant la volonté d'effectuer un *matching* augmente. Les modèles urbains explorant cette deuxième possibilité de mécanisme de *matching* incorporent des éléments des modèles de chômage d'équilibre dans lesquels la recherche du travail et le recrutement sont sujets à des frictions (Petrongolo et Pissarides, 2001). L'élément central de ces modèles est une fonction de *matching* globale qui exprime le nombre d'assortiments du travail en fonction du nombre de demandeurs d'emploi sans emploi et du nombre de vacances d'emploi disponibles (ou, plus généralement, d'assortiments en fonction du nombre d'acheteurs et de vendeurs sur le marché).

Learning

Selon Jovanovic (1997), les économies modernes consacrent plus de 20% de leurs ressources à l'apprentissage : l'apprentissage dans le sens large du terme (instruire, former, et recherche) est une activité très importante en termes de ressources consacrées au *learning* et en terme de sa contribution au développement économique. Un dispositif fondamental de l'apprentissage est l'agglomération dans la majorité des cas : ce n'est pas une activité solitaire ayant lieu dans un endroit dépeuplé. Ce processus implique des interactions sociales et plusieurs de ces interactions nécessitent des faces à faces, et permet ainsi une diminution des coûts d'apprentissage.

Les mécanismes d'apprentissage ont été largement cités dans les études sur les économies d'agglomération : de Marshall (1890) qui souligne comment la concentration géographique favorise la diffusion des innovations et des idées à Lucas (1988) qui suggère que les villes sont un chaudron de connaissances et de l'information. Cependant, les mécanismes d'agglomération traitant directement l'apprentissage comme processus ont suscité beaucoup moins d'attention dans la littérature théorique que les mécanismes de *sharing* et de *matching* discutés dans les sections précédentes. Les quelques contributions permettent néanmoins de définir quelques aspects de ce mécanisme.

La première catégorie de *learning* est la création. La diversité de l'environnement urbain est en effet un excellent facteur pour faciliter la recherche et l'expérimentation (Duranton et Puga, 2001). Nous pouvons mettre cela en parallèle avec le modèle du *sharing the gains of variety* : les producteurs se regroupent afin de partager leurs connaissances pour affronter les fluctuations du marché notamment, partage de l'information, creuset commun de connaissances...

La diffusion des connaissances peut être considérée comme la seconde catégorie du mécanisme de *learning* : la proximité des agents économiques avec des qualifications ou connaissances importantes facilite l'acquisition des qualifications, de l'échange et de la diffusion de la connaissance (Glaeser, 1999 ; Durlauf, 2004). Cependant, les modèles sur la diffusion des connaissances font face à des absences de fondements microéconomiques clairs et précis : les questions doivent être traitées distinctement et non plus comme un *package* « forces d'agglomération » (différentes selon le type d'agglomération).

Enfin, l'accumulation des connaissances est aussi une catégorie du *learning*. Comme tous les modèles de croissance, les modèles d'accumulation de la connaissance sont fondés sur deux ensembles cruciaux d'équations décrivant (i) la production des différentes marchandises et (ii) l'accumulation des facteurs.

3. La concurrence imparfaite : de l'équilibre partiel à l'équilibre général.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, le théorème d'impossibilité spatiale de Starrett impose d'intégrer des hypothèses spécifiques afin de mener à bien une modélisation de l'espace (espace hétérogène, existence d'externalités et concurrence imparfaite). L'étude de la concurrence spatiale s'adonne à la troisième d'entre elles : les marchés sont imparfaitement concurrentiels. L'intérêt d'équilibres partiels en concurrence imparfaite est que cela intègre, de manière endogène, une partie des deux autres hypothèses.

Les mécanismes issus du cadre de la concurrence imparfaite se révèlent alors des outils essentiels dans l'étude des phénomènes de localisation.

Dans le cas d'une concurrence imparfaite, les firmes maximisent leurs profits à prix endogène. Ce sont les *price makers* : elles déterminent les prix en fonction de la localisation de la demande et de la production. Il existe ainsi une interdépendance entre les producteurs et les consommateurs. Le signe distinctif des modèles de concurrence spatiale est de considérer un nombre important de localisations et un petit nombre de firmes, dans le cadre d'une concurrence oligopolistique.

3.1 Equilibre partiel et biens homogènes.

Dans ce cadre, la préférence du consommateur ne va qu'à une seule firme, étant donné l'homogénéité des biens.

Le modèle de référence en concurrence spatiale est celui d'Hotelling (1929). Il considère un raisonnement en deux étapes : les firmes choisissent tout d'abord leur localisation de manière isolée puis, sachant toutes les localisations, les firmes appliquent leur prix de vente. Il existe

une anticipation de chaque firme quant à la répercussion de son propre choix de localisation sur les prix.

Si l'on s'intéresse à la concurrence en localisations, deux forces antagonistes apparaissent :

- une force d'agglomération, appelée « effet d'aire de marché », qui à prix exogène, pousse la firme A à se rapprocher de la firme B afin d'augmenter sa demande ;
- une force de dispersion, l'effet de la concurrence en prix, qui aiguillonne les firmes vers des localisations plus éloignées afin de rétablir leurs bénéfices (Par exemple, si les firmes choisissent des localisations extrêmes : la distance protège chaque firme de la concurrence que peut lui faire sa concurrente, la politique des prix s'avère alors plus agressive. Cependant, moins les coûts de transfert sont élevés, moins la firme est protégée par la distance.).

Les firmes, souhaitant que la concurrence se restreigne, ont donc tendance à s'isoler au niveau de leur localisation (le second effet prime sur le premier). Il existe donc une domination très forte des forces de dispersion. L'absence d'externalités et de relations verticales dans le modèle d'Hotelling intensifie également ce phénomène de dispersion.

Par exemple, dans le cadre de la production porcine, les biens sont homogènes et rentrent dans le cadre du modèle d'Hotelling. Cependant, il s'avère que cette production a tendance à se concentrer géographiquement. Il apparaît en effet que les producteurs se basent plus sur une concurrence en quantité (Cournot)¹⁴ qui est moins intensive que la concurrence en prix (Bertrand) : la baisse de la concurrence est alors un moyen d'éviter les phénomènes de dispersion précédemment cités.

¹⁴ C'est la raison pour laquelle, notre modélisation décrite dans le chapitre 3 utilise une concurrence en quantité (Cournot).

3.2 *Equilibre partiel et biens différenciés.*

Dans le cas des biens homogènes, les firmes ont tendance à se disperser notamment à cause de la concurrence en prix. Cependant comme nous l'avons vu précédemment, l'effet de la concurrence en prix est affaibli lorsque les coûts de transport diminuent ; les firmes cherchent alors un moyen différent pour que la concurrence ne soit pas trop importante. La différenciation spatiale est alors remplacée par la différenciation des produits sachant que les consommateurs sont supposés soumis à l'hypothèse de la variété des préférences.

Le fait d'intégrer dans un seul et même modèle la concurrence spatiale et la préférence pour la variété a été initié par DePalma *et al.* (1985) et permet ainsi de ne plus considérer les choix comme mutuellement distincts.

La conclusion principale de leur modèle est la suivante : **la baisse des coûts de transfert et donc la tendance à différencier les produits, plutôt que d'établir une différenciation spatiale, favorise le regroupement spatial des firmes et ce dans un contexte de concurrence stratégique** (proposition qui reste vraie quand des producteurs de biens homogènes se font une concurrence en quantités).

3.3 *L'équilibre général.*

Comme nous l'avons vu précédemment, la théorie de la localisation a pour objectif de modéliser la formation d'agglomération dans un petit nombre de localisations mais également d'en trouver les déterminants, notamment à travers les économies d'agglomération, et ce dans le cadre d'un équilibre non pas partiel mais général. Dans les années 90, les logiques d'agglomération sont devenues un principe fondamental de la Nouvelle Economie Géographique (NEG). Les économistes de ce courant se concentrent en effet sur l'idée que

l'agglomération est au cœur de la dynamique des échanges, et qu'elle crée un processus circulaire : « *manufactures production will tend to concentrate where there is a large market, but the market will be large where manufactures production is concentrated* » (Krugman, 1991 ; p.486). Cette approche renouvelle les travaux en économie spatiale sur la croissance et le développement. La théorie induit l'endogénéisation de la structure centre-périphérie : il s'agit de prendre en compte le mécanisme cumulatif des liens *a priori* simples entre les agents économiques (se référant au schéma thünenien) et d'intégrer les caractéristiques spécifiques de l'économie comme la concurrence imparfaite, les rendements croissants et la différenciation des produits.

Le NEG trouve ses fondements dans les travaux de Fujita (1990) et Krugman (1991) qui avaient changé le cadre de la concurrence pure et parfaite, jusqu'alors employé, pour adopter celui de la préférence des agents pour la variété et des rendements d'échelle croissants dans la production. Cherchant à expliciter le jeu des forces poussant tant à l'agglomération qu'à la dispersion, la NEG se fonde entre autres sur les principes au cœur de la théorie des lieux centraux de Christaller-Lösch. Cette théorie, fondée sur un arbitrage entre rendements croissants et coûts de transport, permet aux auteurs de la NEG de **développer le modèle initial vers une localisation simultanée des firmes et des ménages : l'accent est alors mis sur les interactions marchandes et les externalités pécuniaires entre agents économiques.**

La Nouvelle Economie Géographique se concentre sur trois grand axes : (i) la formation et l'organisation des activités économiques des espaces urbains (Fujita, 1989), (ii) la formation des villes (Fujita et Thisse, 2002) et (iii) le choix de localisation des agents économiques dans des espaces que nous qualifierons de « régionaux ». Le modèle séminal de Krugman s'attache à ce troisième axe, celui des modèles d'équilibres inter-régionaux. Ces derniers définissent les

mécanismes d'équilibre géographique : la concentration des activités est alors généralement la seule source d'équilibre.

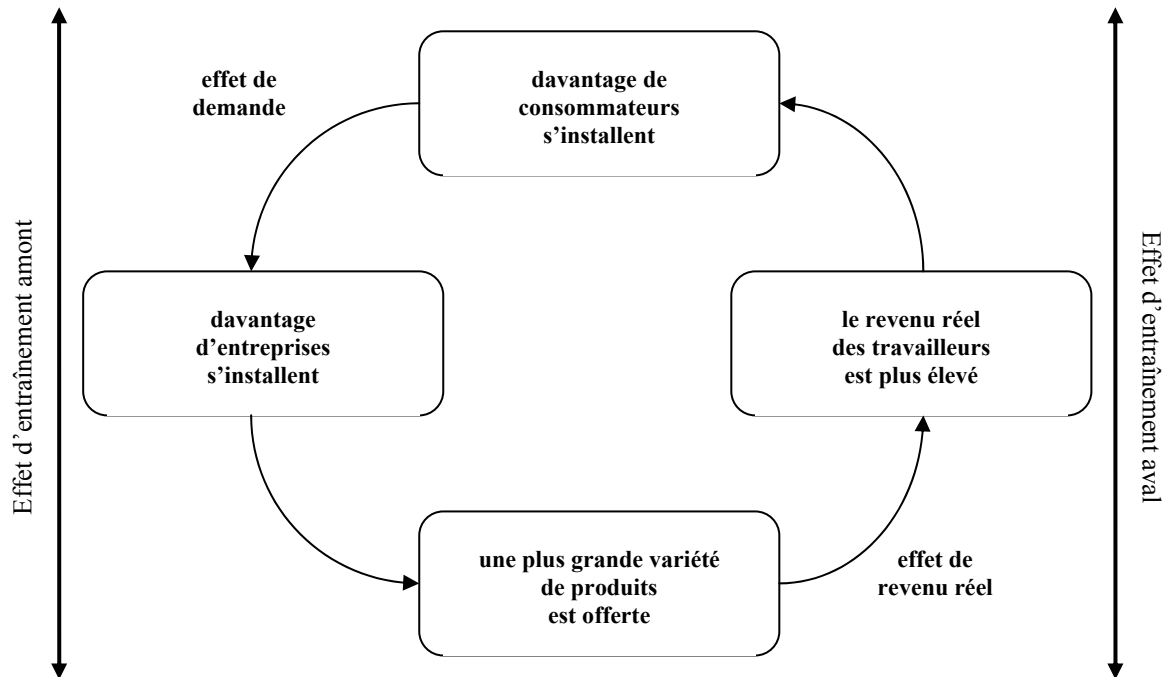
Le modèle de Krugman s'établit autour d'un marché à deux régions et deux secteurs : traditionnel et moderne (Fujita et Thisse, 2002). Le secteur agricole est caractérisé par des rendements d'échelle non croissants, une main d'œuvre et des unités de production immobile, des biens homogènes et une production fortement liée à la terre. La main d'œuvre joue alors un rôle essentiel dans le modèle puisque leur immobilité entraîne une concentration des agents : ils sont à la fois producteur d'un bien et consommateur des deux types de biens. Le secteur de l'industrie se caractérise quant à lui par des rendements d'échelles croissants (présence d'indivisibilité de production) et par une main d'œuvre mobile. L'agglomération des agents industriels dans une unique région entraîne une augmentation de l'offre et donc une diminution des prix : les biens industriels sont échangés entre les régions mais avec des coûts de transport de type *iceberg* (une partie du produit « fond » au cours du transport) supportés par les consommateurs. Cette diminution des prix entraîne donc la baisse des salaires de ce secteur et donc le pouvoir d'achat des consommateurs travaillant dans ce secteur : les industries ont alors intérêt à se disperser. De ce fait, la seconde région voit sa proportion de biens différenciés augmenter. Nous nous trouvons ainsi en présence d'un cercle vertueux illustré dans la figure 1.3.

Notons quelques facteurs qui poussent à l'agglomération des entreprises du secteur industriel :

- Les externalités provoquées par la concentration spatiale des agents permet au niveau individuel d'obtenir des économies d'échelle qui par les interactions donnent des rendements régionaux croissants ;
- Le caractère croissant des rendements incite les producteurs à se localiser au plus près des consommateurs dans le but de profiter de ces rendements ;

- La principale force d'agglomération du modèle de Krugman est due à la préférence pour la variété des consommateurs : cette catégorie d'agents cherche donc à se localiser où le niveau de l'indice des prix est plus faible.

Figure 1.3. Krugman et les mécanismes d'agglomération.



Source : Fujita et Thisse (1997)

La modélisation de Krugman (et des travaux qui en découlent) relègue l'agriculture à un agent immobile (à cause d'une production attachée au sol) : la localisation du secteur est ainsi perçue comme exogène et, les productions agricoles sont par le fait dispersées. **Les effets amont-aval (externalités pécuniaires) s'arrêtent ainsi aux firmes et aux consommateurs mais n'intègrent aucunement les activités du secteur primaire. Le secteur agricole ne représente plus qu'une force de dispersion** : les biens industriels, distribués à la population agricole, subissent l'impact des coûts de transport vers des consommateurs dispersés.

Dans son article séminal, Krugman (1991) utilise la migration du travail comme base de l'agglomération. Cependant, si aux Etats-Unis cette cause d'agglomération est recevable,

l'Europe rentre moins dans ce cadre. L'intérêt est alors de comprendre comment, à partir du modèle de Krugman, nous pouvons générer de l'agglomération sans migration du travail. L'intégration verticale des industries par Venables (1996) s'avère la réponse¹⁵. Venables considère en effet une main d'œuvre immobile spatialement mais mobile intersectoriellement. Il distingue les entreprises en deux catégories : (i) productrices de biens intermédiaires ou (ii) productrices de biens finaux à partir des inputs fournis par (i).

La concentration de firmes « aval » augmente la taille du marché et les profits des firmes « amont » et provoque une délocalisation de ces dernières dans la même région que leurs clients (*backward linkage*). Les externalités permettent alors d'obtenir une variété accrue de biens intermédiaires à prix inférieur. Les producteurs « aval » se rapprochent alors des producteurs « amont » (*forward linkage*). **Les forces centripètes sont donc basées sur la relation entre les agents.**

Ainsi, selon Ottaviano et Thisse (2005) l'apport de la NEG est surtout basé sur le fait qu'elle fournit un cadre d'analyse d'équilibre général dans lequel la localisation de tous les agents est endogène : « (*The main contribution of NEG is) to combine old ingredients through a new recipe.* ». Cependant la NEG a fait l'objet de nombreuses critiques, entre autre : (i) l'absence d'interaction stratégique ; (ii) la dynamique manichéenne des modèles (Ottaviano et Robert-Nicoud, 2006) due au déséquilibre entre forces d'agglomération (externalités positives) et forces de dispersion dans les modèles (congestion des infrastructures, des marchés, pour la terre) et (iii) l'homogénéité du travail et donc une productivité identique quelle que soit la région. Aujourd'hui, l'intérêt est donc de combiner les « ingrédients » de Krugman et Venables avec les outils vus précédemment.

¹⁵ Puga (1999) a synthétisé les modèles précédents en intégrant la consommation intermédiaire « à la Venables » (1996) dans un modèle migratoire « à la Krugman » (1991).

Conclusion du Chapitre 1

Ce premier chapitre a dressé un état des lieux non exhaustif de la littérature essentielle à la compréhension de la théorie de la localisation. Premièrement, nous avons voulu rendre compte des clés essentielles à la compréhension de la théorie de la localisation par l'approche des fondateurs. Nous avons ainsi pu mettre en avant les éléments qui nous semblent importants dans la suite de notre démarche. L'importance des avantages comparatifs dans la modélisation de phénomènes de localisation ne s'avère pas anodine. En effet, l'existence de dotations (naturelles, technologiques, accès aux facteurs, etc.). D'autre part, l'approche thünenienne a permis de mettre en avant l'intérêt des coûts de transport dans le secteur agricole, son rôle dans l'ordonnement des biens et le lien du secteur avec les autres agents qui joue sur la localisation. Enfin, la théorie de Weber a permis de confirmer l'importance de l'accès aux marchés, quels qu'ils soient, et des coûts de transport associés dans le choix de localisation des agents.

Par la suite nous avons souhaité aborder les externalités d'agglomération. Considérées comme nécessaires à la formation d'agglomérations, elles découlent naturellement des interactions entre les agents. L'interdépendance des décisions individuelles permet alors de raisonner non plus en unité isolée mais en système : les agents subissent des répercussions tant marchandes que non marchandes de la part des autres acteurs de l'économie. Il reste cependant difficile de mesurer les déterminants de l'agglomération, notamment les externalités technologiques, à cause de l'effet « boule de neige » dont elles sont à la fois la cause et la conséquence. L'intérêt est alors non plus d'avoir une vision agrégée de ces phénomènes mais de définir précisément les mécanismes micro-économiques sous-jacents.

Enfin, le cadre d'une concurrence pure et parfaite étant peu rationnelle (théorème d'impossibilité spatiale), nous avons souhaité aborder les développements effectués dans le cadre d'une concurrence imparfaite. L'approche en équilibre partiel montre que les producteurs de biens homogènes, contrairement aux producteurs de biens différenciés, ont tendance à se disperser (lorsqu'ils se font une concurrence en prix). Ce phénomène est d'autant plus important en l'absence de relations verticales ou d'externalités. Cependant, l'interdépendance des localisations des agents incite à raisonner en terme d'équilibre général. Ainsi, la Nouvelle Economie Géographique a posé les jalons du processus circulaire qu'engendre l'agglomération sur la dynamique des échanges. Les mécanismes cumulatifs engendrés par les interactions marchandes et les externalités pécuniaires induisent le développement d'un modèle de localisation simultanée des agents.

Cependant peu de travaux s'attachent à mesurer le poids relatif de certains mécanismes à la fois pécuniers et technologiques. De plus, l'intérêt porté à l'agriculture comme domaine d'application reste restreint, de par la nature même du secteur. Nous allons donc aborder dans le prochain chapitre l'approche de l'agriculture comme domaine d'application de la théorie de la localisation.

CHAPITRE 2

LA LOCALISATION DES ACTIVITES AGRICOLES : QUELLE APPROCHE ADOPTER ?

Les analyses en économie spatiale se focalisent actuellement surtout autour des phénomènes d'agglomération urbaine : les activités se concentrant autour des métropoles mais aussi des grandes villes est un phénomène mondial (Jayet, Puig et Thisse, 1996). Les externalités positives, entre autres, en sont en la cause majeure car elles encouragent les rapprochements géographiques. En contrepartie, les études relatives à l'espace rural ont été quelque peu mises de côté (au profit des précédentes). Cependant, malgré la faible densité des activités dans cet espace, il existe également des phénomènes de concentration des agents.

En effet, l'agriculture est devenue une entreprise à part entière, loin des clichés du siècle dernier. L'activité a bénéficié du progrès technique et s'est ainsi mécanisée. Les liens entre l'amont et l'aval et donc l'intégration de consommations intermédiaires dans les fonctions de production ont permis une augmentation de la productivité du travail. Parallèlement, le changement de la demande et des produits a induit également une forte mutation structurelle du secteur agricole. Loin des marchés de proximité ou de l'auto-consommation, le secteur est désormais intégré : la filière agro-alimentaire. Les produits autrefois périssables sont aujourd'hui transportables car conditionnés et ainsi le modèle thünenien impliquant un bassin de production diversifié paraît obsolète. La diversification pour une seule région est contrecarrée par la concurrence des producteurs des autres régions.

Dans une première partie nous verrons donc que l'agriculture est confrontée à de nouvelles problématiques rejoignant celles de l'industrie. Cependant, le lien à la ressource fixe qu'est la terre est toujours présent même s'il revêt un nouvel aspect. En effet, si l'évolution des techniques a permis la modulation de la potentialité agronomique et donc un choix de localisation plus flexible, l'application de réglementations environnementales entraîne une contrainte non seulement de localisation mais aussi de production.

La deuxième partie s'appuiera sur les mesures des économies d'agglomération. Les études économétriques présentées dans la première partie, mettent en avant l'intérêt de ces externalités dans le secteur agricole. Cependant, l'évaluation de ces externalités pose des problèmes que nous tenterons de pallier sur la base des travaux de Roe *et al.* (2002).

Enfin, et ce n'est pas particulier au secteur agricole, l'analyse de phénomènes au niveau agrégé semble masquer une grande partie des phénomènes provoquant l'agglomération. C'est pourquoi nous fournissons une approche permettant de mesurer plus directement le rôle des économies d'agglomération sur la performance individuelle des producteurs dans la dernière partie de ce chapitre.

1. L'agriculture face aux nouvelles problématiques de localisation.

Il existe également une polarisation au sein de l'agriculture, au même titre que l'industrie, et ce pour quelques secteurs spécifiques : la Bretagne en est l'exemple type en France. Ces dernières décennies, l'emploi s'y est concentré parallèlement au développement intensif de productions hors-sol. Cependant, ces faits stylisés ne rendent pas précisément compte des processus économiques sous-jacents. Daucé et Léon (2003) mettent en avant le fait que la concentration de la filière porcine est due en grande partie aux intégrations tant horizontales que verticales dans ce secteur.

1.1 La théorie de la localisation et le secteur agricole.

Le peu d'intérêt porté jusqu'alors à la localisation des activités agricoles a été précédemment évoqué. Cependant, aujourd'hui le rôle de la théorie de la localisation n'est plus à démontrer : d'une part, du point de vue théorique et d'autre part, par l'intérêt suscité par certains travaux empiriques relatant les impacts des externalités d'agglomération. Ainsi, la concentration des activités agricoles, que ce soit les porcs en Bretagne ou la betterave dans le Nord de la France, étant avérée, l'objectif est d'expliquer ses déterminants tant au niveau des externalités d'agglomération que des accès aux marchés.

Le potentiel agronomique de la terre ou l'évolution des techniques lorsque la fertilité est absente (« champagne pouilleuse » devenue fertile grâce aux engrais par exemple), et donc les avantages comparatifs, semblent jouer un rôle dominant dans le secteur agricole. De plus, les effets amont-aval ainsi que les externalités positives sont devenus un aspect prépondérant dans la structure du secteur. Ensuite, l'apparition des politiques agricoles semble avoir eu un certain impact sur la concentration géographique des différentes filières agricoles. Enfin, la combinaison de ces différents facteurs semble aujourd'hui permettre une analyse plus approfondie de la production mais à quel point ?

Nous avons évoqué dans le premier chapitre l'intérêt des avantages comparatifs. Cette notion se révèle également importante dans le secteur étudié dans cette thèse. En effet, Capt et Schmitt (2000) considèrent que le secteur agricole développe un mécanisme de spécialisation régionale de la production dû à des avantages comparatifs liés tant aux caractères naturels que structurels de ce secteur : la comparaison de la structure des productions agricoles entre régions. Butault *et al.* (1990) établissent ainsi que la spécialisation des régions et pays européens s'avère corrélée avec les coûts comparés des principales productions agricoles.

Cependant, même si les raisonnements développés dans les théories néo-ricardiennes sont à des échelles internationales, il semble opportun d'utiliser leurs conclusions et d'adapter leurs modèles à une échelle infranationale pour expliciter les mécanismes de spécialisation régionale qui sont souvent synonymes de concentration spatiale. Ainsi, Daniel (2001) tend à analyser les effets des décisions publiques (en l'occurrence les aides fournies par la PAC) sur la répartition régionale des productions. L'intérêt est alors de savoir si l'hétérogénéité spatiale d'avantages comparatifs « artificiels » (aides, technologies de production) sont ou non un frein à la spécialisation régionale. L'avantage comparatif est alors de moins en moins accolé à la notion de ressource naturelle mais plus aux ressources « artificielles ».

L'intérêt minime porté à la localisation des activités agricoles depuis les travaux de von Thünen est issu de la moindre importance de ce secteur face aux secteurs de l'industrie et de biens et services, du fait que l'urbanisation des pays développés est devenue une question centrale en économie spatiale mais également de son aspect peu généralisable donné par von Thünen alors que depuis cette date de nombreuses contraintes sont venues compliquer la modélisation de ces activités¹⁶.

Les articles de Kellerman (1989a, 1989b) concernant la théorie de la localisation agricole ont démontré que von Thünen a été à la base de nombreux travaux appliqués à différents systèmes agricoles à travers le monde (voire même à la localisation résidentielle), et notamment dans les pays avec des économies agraires peu développées. Les différentes applications de ce modèle (avec plus ou moins d'hypothèses relâchées) ont été utilisées à trois niveaux spatiaux (Kellerman, 1989b) :

- micro-spatial : il s'agit alors d'étudier la distance du domicile de l'exploitant à ses lieux de production (Kellermann, 1977 ; Boussard, 1987) ;

¹⁶ Notons que si von Thünen considère l'homogénéité de la terre dans l'espace, l'économie agricole se rapproche de la théorie des avantages comparatifs en considérant la « qualité » de la terre comme dépendante de la localisation.

- méso-spatial : l'analyse se concentre sur l'utilisation des terres autour d'un centre urbain et la pression de l'urbanisme sur l'utilisation de la terre (Chisholm, 1979 ; Lawrence, 1988) ;
- et macro-spatial : l'étude se base sur une extension du modèle à un pays entier voire à un continent (Muller, 1973 ; Huriot, 1994).

Les différents travaux effectués tendent à démontrer que le modèle thünenien s'avère d'autant moins concluant que l'échelle spatiale utilisée augmente : l'absence de prise en compte d'autres forces que celles citées peuvent influencer aux niveaux méso et macro. « *Le macro-modèle aurait en fait perdu une grande partie de son pouvoir explicatif* » (Huriot, 1994, p285). Cependant, dans le contexte d'une agriculture intégrée, tant verticalement qu'horizontalement, le niveau micro-spatial ne suffit pas tel quel. Notamment dans le cas d'exploitations produisant des biens intermédiaires, un lien avec la localisation industrielle doit être fait puisque la localisation des deux producteurs (« intermédiaire » et « final ») se fait de manière simultanée.

Dans le chapitre précédent, nous avons défini les sources et le rôle des externalités d'agglomération sur la localisation et ce de manière générale, c'est-à-dire définis pour n'importe quel type d'activité. Ces mêmes externalités sont applicables aux activités agricoles. Ainsi, la proximité géographique, qui permet entre autres les interactions entre producteurs, engendre :

- des *spillovers* des connaissances (information technique et commerciale, capital social, etc.) qui agissent sur les coûts des producteurs ;
- une formation d'une main d'œuvre à compétence proche, qui influe sur les coûts relatifs au travail ;
- une possible coopération commerciale entre producteurs qui a un impact sur les prix.

Parallèlement à cela, les relations au(x) marché(s) sont également essentielles au phénomène d'agglomération. En effet, l'accès à l'amont (alimentation du bétail industrielle ou non) et à l'aval (capacité d'abattage) incite à la concentration géographique : plus la proximité effective est présente, plus les coûts de transport diminuent.

Le rôle de l'accès aux marchés est également un facteur de la localisation des activités agricoles. L'intérêt des développements de Dunn (1954) autour des biens intermédiaires dans le modèle thünenien devient primordial lorsque le secteur agricole est considéré. En effet, lorsque c'est la filière et non plus la production « simple » en elle-même qui est considérée, il est important de prendre en compte les divers acteurs de l'amont à l'aval. Par exemple, prenons l'application de notre thèse : la production porcine. Si l'hypothèse retenue est que l'alimentation de l'animal est issue de la production de la même exploitation, reste la question de l'« aval ». En effet, hormis une consommation sur le lieu de production ou des exceptions régionales, le produit en lui-même n'est pas final : il faut le transformer pour le vendre. Il s'avère que le porc est alors considéré comme bien intermédiaire qui doit être fourni à un abattoir (qui sera supposé transformateur également pour simplifier) qui lui produira le bien final à mettre sur le marché des consommateurs. Que ce soit l'alimentation produite au même lieu que le porc ou le porc qui sera ensuite transformé, les deux ne sont donc que des biens intermédiaires. De plus, l'apparition de groupements de producteurs (intégration horizontale) et le rapprochement des secteurs dits intermédiaires avec ceux de l'amont et de l'aval (intégration verticale) sont également d'actualité dans le secteur agricole (Martinez, 1999). Ces rapprochements sont notamment dus aux coûts de transport. En outre, malgré leur importance, les coûts de transport des productions agricoles se trouvent négligés dans la littérature d'économie spatiale, notamment la NEG, par rapport à ceux des produits industriels (Duranton, 1997 ; Kilkenney, 1998). Ce coût de transport est pourtant une force de

dispersion supplémentaire des activités agricoles, et l'intégration verticale ou horizontale des activités permet la relative diminution de son impact. La structure du secteur agricole se révèle alors assez proche du secteur industriel, si ce n'est ce rapport à la terre. En effet, jusqu'à peu, une certaine catégorie d'activités agricoles s'intégraient relativement bien dans le cadre de la localisation des activités industrielles : les productions « hors-sol ». Cependant, avec les nouvelles réglementations environnementales, les élevages sont redevenus liés à la terre dans l'Union Européenne. Il est toutefois important de remarquer les similitudes possibles entre les deux secteurs. Le développement des théories se rapportant à la localisation des activités industrielles ne reste ainsi pas tout à fait étranger à celle des activités agricoles, l'adaptation se jouant surtout au niveau du facteur terre¹⁷.

Les travaux de Daniel (2001) et de Daniel et Kilkenny (2002) démontrent l'intérêt de l'impact d'aides, et donc de la politique agricole, sur la concentration géographique des activités agricoles. Selon Daniel (2001), le processus d'agglomération du secteur agricole s'est vu limité entre 1983 et 1995. Selon elle, le frein principal de cette agglomération est dû au fait que les productions soutenues (lait, bovins et grandes cultures) se soient peu concentrées durant ce laps de temps. Or, elles forment la majorité de la production agricole européenne. *A contrario*, les productions porcines, avicoles et horticoles, qui constituent une partie du groupe des productions peu aidées, ont continué à se concentrer. Cependant, si l'agglomération est ralentie par les aides, Hurter et Matinich (1989) ont montré qu'une allocation spatiale des aides n'implique pas systématiquement une uniformité du paysage agricole. C'est pourquoi Daniel (2001) suggère, à travers l'observation de la concentration des productions agricoles, que les politiques agricoles sont potentiellement un enjeu dans les

¹⁷ Le risque est également à prendre en compte. Le risque existe déjà dans les modèles de localisation des activités industrielles, cependant le risque « naturel » (dû aux états de la nature) ne l'est pas (ou dans une moindre mesure). Nous n'évoquons pas dans cette thèse ce facteur, appliquant nos hypothèses à un élevage subissant des risques naturels rarissimes (peste porcine).

phénomènes d'agglomération. De plus, elle met en avant les qualités de spécialisation qu'apporte la politique agricole. En effet, sans intervention publique, la spécialisation d'une région dépend de ses caractéristiques techniques relatives aux activités agricoles. Or, l'application d'une politique modifie l'équilibre de spécialisation en élevant le niveau de cette même spécialisation, qui devient alors fonction des prix et indirectement des aides allouées. De la même manière l'intervention publique a un rôle non négligeable dans la structure des exploitations : leur taille augmente¹⁸. Les aides couplées (notamment à des productions à coûts élevés) peuvent ainsi induire un développement des structures de taille importante, par rapport aux productions peu soutenues. Cependant, lors de la réforme de 1992, sous le couvert des négociations de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC), la Politique Agricole Commune (PAC) s'est réorientée vers un accroissement des aides (semi-) découplées¹⁹ au détriment des aides couplées : soit des soutiens financiers liés aux facteurs utilisés (de manière proportionnelle) et non plus sur la seule production (Swinbank, Tangermann, 2001). L'intérêt étant alors de ne plus inciter les producteurs à se spécialiser. Daniel et Kilkenny (2002) ont ainsi analysé les effets des soutiens couplés ou semi-découplés sur la localisation des activités agricoles et agro-industrielles. L'intérêt de leur étude est d'observer le rôle de ces aides découplées dans une éventuelle dispersion de l'activité agricole, qui engendrerait un impact positif sur le développement rural et périurbain. La localisation des activités agricoles étant délaissées également dans l'analyse de l'impact des politiques agricoles, les auteurs se réfèrent à la littérature existante sur l'impact des dépenses et investissements publics sur la localisation. Ainsi, par exemple, Charlot (2000) utilise un modèle considérant que

¹⁸ Nous ne détaillerons pas ici l'effet de telles restructurations sur l'emploi. Notons tout de même que l'intervention publique engendre une diminution de la part de l'emploi du secteur agricole dans l'emploi total, du fait de l'augmentation de la taille des exploitations (baisse de l'emploi agricole). Cet aspect a aujourd'hui son importance du fait du « nouveau » rôle assigné à l'agriculture. En effet, en tant qu'acteur dans le développement rural, l'agriculture doit jouer un rôle de moteur dans l'emploi. La tendance est donc aujourd'hui d'encourager les exploitations de taille moyenne, notamment au travers des aides découplées.

¹⁹ Les paiements découplés actuellement en usage dans l'Union restent rattachés au facteur de la terre, d'où le terme de « semi »-découplés.

l'intervention publique affecte directement les coûts de production des firmes. Cette analyse montre qu'en termes de développement régional, l'influence des politiques publiques sur les coûts fixes est moins efficace que celle sur les coûts variables. Ce modèle, repris et adapté par Daniel et Kilkenny (2002), permet d'établir que les aides couplées sont susceptibles de disperser les activités agricoles alors que les aides semi-découplées favorisent l'agglomération des activités. L'influence de ces aides, et autres incitations politiques, n'est pas sans importance, bien au contraire. Cependant, dans un souci d'efficacité, cette thèse s'est concentrée sur des productions peu aidées. En effet, pour percevoir au mieux l'impact effectif de telles réglementations, il est plus à propos de définir auparavant quels sont les déterminants initiaux et quels sont les mécanismes sous-jacents. De ce fait, nous nous sommes concentrés sur l'arbitrage entre les mécanismes de l'agglomération et la réglementation environnementales des productions peu aidées.

Les études empiriques agricoles s'appuyant sur les théories de la localisation industrielle (Kilkenny et Thisse, 1999; Rosenthal et Strange, 2001) et sur certaines spécificité du secteur agricole se développent. Avec des modèles microéconomiques (plus ou moins explicites) développant le rôle des forces de marché et des externalités sur la concentration de la production, les analyses montrent des résultats quasi similaires à ceux trouvés dans le secteur industriel.

Roe *et al.* (2002) développent ainsi un modèle spatial sur la production porcine dans 15 états américains (au niveau du comté). Ils estiment trois modèles dans lesquels leurs variables dépendantes sont le logarithme népérien de la production porcine totale d'un comté, le changement du logarithme népérien de la production porcine de 1992 à 1997 et le logarithme népérien du nombre moyen de porcs par ferme. Ils constatent que les externalités de localisation, l'empiétement urbain, l'accès aux inputs, la productivité, l'économie locale,

l'accessibilité aux abattoirs et les variables de réglementation environnementale (non liées à la terre) affectent l'organisation spatiale.

Isik (2004) évalue l'effet des externalités d'agglomération et des restrictions environnementales sur la production laitière aux États-Unis (au niveau du comté), basé sur un modèle comportemental de localisation et de production des exploitations laitières comprenant un décalage spatial. Les résultats montrent que les comtés situés dans des états avec des règlements environnementaux plus rigoureux ont tendance à diminuer leur production par rapport aux autres. Isik constate également que les externalités d'agglomération sont présentes aux niveaux du secteur laitier (localisation) et du secteur industriel laitier (urbanisation).

Ces travaux sont certes intéressants mais l'approximation des mécanismes ne permet pas de cerner d'emblée chaque processus. En voulant trop se référer aux modèles de type industriel, Roe *et al.* (2002) ne se focalisent pas sur des phénomènes distincts mais sur une somme de phénomènes donnant un regard trop vague des mécanismes sous-jacents. L'absence d'un modèle fondé sur les spécificités du secteur, comme produit en partie par Isik, peut pallier à ce défaut. De plus, Isik (2004) ou Roe *et al.* (2002) se focalisent surtout sur les externalités dites positives en assimilant les externalités dites négatives à la rigueur d'une politique environnementale. Si la politique environnementale est un enjeu certain dans la distribution spatiale cela entraîne un rôle de la terre de plus en plus important sur la localisation des productions agricoles.

1.2 Le rôle de la terre.

La terre est le pilier central de la production agricole. Même les productions dites hors sol ont aujourd'hui un rapport à la terre plus important dû aux réglementations environnementales.

L'occupation de l'espace est donc liée à l'emploi de ce facteur de production et donne un rôle central au secteur agricole dans l'équilibre de localisation.

Le premier facteur essentiel d'un producteur agricole est le potentiel agronomique de la terre. La qualité de la terre, artificielle ou non, permet en effet des rendements plus importants en fonction de la production agricole qui s'y trouve. Cependant, le choix de notre application n'entre pas dans ce cadre étant donné que la production porcine est considérée comme hors sol. L'élevage hors-sol est réputé comme étant un élevage qui utilise en majorité des aliments pour animaux issus de l'industrie agroalimentaire et peu de produits de l'exploitation agricole dans lequel il est pratiqué (notons que les nouvelles techniques d'élevage comme l'agriculture biologique rendent la part d'alimentation industriel de moins en moins important). Néanmoins, l'élevage intensif peut provoquer une baisse de la qualité des sols et ainsi ne pas permettre à des productions agricoles d'autre nature de s'implanter à proximité, et ainsi inciter les producteurs hors-sol à se rapprocher. Il est alors important de considérer la taille de la structure de production pour savoir s'il est possible ou non de s'agglomérer. La Bretagne a connu cet effet d'agglomération dans les années 60 car les exploitations étaient de petite taille et donc laissaient l'espace adéquat à l'implantation de nouvelles structures.

En économie spatiale, outre les facteurs de dispersion issus de l'interaction sur les marchés des biens et du travail, la localisation d'une activité peut être issue, directement ou indirectement d'une concurrence sur le marché foncier (Gaigné et Goffette-Nagot, 2008). Le modèle de Krugman (1991) s'associe aux effets de concurrence pour l'usage du sol : l'équilibre se fait donc de manière simultanée. Nous observons alors l'arbitrage en termes de choix de localisation suivant : les ménages retirent une utilité décroissante par rapport à la distance aux firmes et les firmes ont un profit qui diminue avec la distance aux

consommateurs. D'une part, l'effet de marché domestique incite les firmes à se localiser au plus près des consommateurs (accès au marché) sous contrainte de ne pas être dans un espace trop occupé par d'autres firmes (fort coût de localisation). D'autre part, les consommateurs doivent se localiser où le prix du foncier est le moins élevé (forte concentration de la population) tout en se rapprochant des espaces où les offreurs sont nombreux (panel de bien plus important, indice des prix plus faible).

Dans ce cadre, Cavailhès et Peeters (2007) combinent un modèle d'économie géographique qui rend compte des forces d'agglomération et de dispersion dans la production porcine et un modèle d'économie urbaine dans lequel des ménages se localisent en arbitrant coûts fonciers et coûts de *commuting* tout en prenant en compte des externalités positives (aménités agricoles) ou négatives (nuisances des élevages). L'équilibre économique se réalise sur le marché foncier entre les différents agents. Le modèle est très abstrait, ne permettant pas d'application empirique, mais a pour but de rendre compte des mécanismes économiques tels que les forces d'agglomération et de dispersion ainsi que l'arbitrage des coûts du foncier. Les résultats montrent entre autre que les ménages et les producteurs de porcs préfèrent que la production de porc soit concentrée à l'extérieur des ceintures périurbaines. Nous pouvons mettre ce résultat en parallèle avec l'émergence du secteur porcin en Bretagne. Le développement des producteurs hors-sol a en effet été possible notamment grâce à l'exode rural dont était victime la région après la Seconde Guerre mondiale. De plus, Cavailhès et Peeters (2004) montrent que si une politique de subvention de traitement de lisier peut inciter à un tel modèle, la taille de la région peut le contraindre voire disperser la production porcine s'il existe un quota d'épandage.

1.3 *Agriculture et environnement.*

Les études empiriques citées précédemment considèrent généralement la localisation des activités agricoles en fonction des économies d'agglomération dites « positives ». Néanmoins, leur analyse ne prend que peu en compte les externalités négatives ou alors elles le font sous la forme de sévérité des politiques. Or, aujourd'hui la protection de l'environnement entraîne de nombreuses contraintes qu'il convient de prendre en compte dans toute analyse sur une production polluante. Il est ainsi indispensable de confronter les externalités positives et négatives. Les réglementations environnementales et les effets de voisinage sont un frein pour la concentration de telles activités et représentent donc un nouvel enjeu non négligeable dans le cadre des conséquences spatiales.

La place de l'environnement dans la localisation des activités, qu'elles soient agricoles ou non, a longtemps été ignorée. Lorsque nous parlons d'environnement dans cette thèse, nous évoquons les impacts des activités humaines sur les milieux naturels, mais également les relations entre les activités humaines et leurs « voisins » (tout aussi humains). Ainsi, nous nous appuyons sur la définition donnée par la norme ISO-14001 de 1996 à propos de l'environnement naturel : « *le milieu dans lequel un organisme fonctionne, incluant l'air, l'eau, la terre, les ressources naturelles, la flore, la faune, les êtres humains et leurs interrelations* ».

Cependant, la prise en compte de l'environnement s'est développée dans les années 70²⁰ avec l'émergence des préoccupations environnementales au niveau politique, mais également médiatique et donc plus généralement publique. La France s'est pourvue de son premier ministère de l'environnement en 1971, tandis que la question environnementale prenait

²⁰ Avec entre autre la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement à Stockholm en 1972.

vraiment de l'importance en 1980 avec le « rapport Henin » sur la pollution de l'eau (par les nitrates, les pesticides, et par la suite les déjections animales)²¹. Le Grenelle Environnement de 2007 a souligné notamment le lien entre localisation des activités agricoles et environnement : « *Enfin, l'ensemble du groupe [Adopter des modes de production et de consommation durables : agriculture, pêche, agroalimentaire, distribution, forêts et usages durables des territoires] estime que la localisation des élevages, et leur concentration sur certaines zones géographiques, est à l'origine de beaucoup des problèmes [environnementaux] rencontrés aujourd'hui. [...] Pour certains, mieux vaudrait déplacer les élevages que les effluents ; mais les outils de politiques publiques pour ce faire restent à préciser et cette solution apparaît comme peu crédible à une autre partie du groupe.* » (Rapport du groupe de travail n°4, Septembre 2007). Notons cependant que cette proposition, en cas de présence d'externalités d'agglomération, induit une perte de productivité effective. La régulation environnementale génère des coûts qui sont imputables aux agriculteurs seulement.

Notre attention s'est portée sur les réglementations environnementales (mesurées par rapport à la disponibilité d'épandage et non par rapport à la sévérité de cette politique) ainsi que les effets de voisinage qui toutes influent sur la productivité des agriculteurs. Nous parlerons pour l'ensemble de ces problèmes d'externalités environnementales ou négatives. Au niveau théorique, ou dans la mise en place de politiques environnementales, la littérature s'est étoffée sur le lien entre économie et environnement : évaluation contingente (Willinger, 1996), évaluation des externalités négatives (Bonnieux *et al.*, 1995), méthode des prix hédoniques, etc. (pour une revue de littérature voir Freeman, 1993).

²¹ Pour un bref historique, voir Annexe 2.1.

Cependant, la dimension spatiale ne s'intègre que très rarement dans ces travaux, et si une telle intégration existe elle se fait par le biais des coûts de transport. Or, les réglementations environnementales possèdent des conséquences spatiales importantes puisqu'elles ont un potentiel dispersif qui peut annuler voire renverser le processus de concentration géographique induit par les externalités positives : la localisation des activités n'est donc pas indépendante de la politique environnementale. L'existence d'agglomération ou de stratégies de regroupement en présence d'externalités environnementales est avérée (Papy et Torre, 2002). Le lien entre espace et environnement est un résultat direct du fait que les externalités environnementales - les charges imposées par des pollueurs sur d'autres acteurs (Verhoef, 1999) - sont transmises *via* l'espace.

L'économie spatiale l'a bien compris puisque depuis quelques années la littérature tant théorique qu'empirique tend à s'émailler de travaux incorporant des externalités environnementales dites « négatives ».

L'existence d'externalités environnementales dans la théorie de la localisation des activités industrielles suit deux schémas :

- Les coûts des dégâts environnementaux causés par un producteur doivent être facturés à l'activité polluante : « pollueur payeur ». Dans un contexte spatial cela se définit par un coût supplémentaire pour les activités polluantes qui cherchent à se localiser à un endroit précis : la décision de localisation doit alors respecter les conditions environnementales (Markusen, 1997) ;
- La mise en place de réglementations, plus facile à mettre en œuvre que le concept de « pollueur payeur », restreint l'usage de la terre. Ainsi la France a, dans le cadre d'un renforcement de la Directive Nitrates imposé des zones d'excédent structurel (inclues dans les zones vulnérables désignées par l'Union Européenne). L'excédent

structurel lié aux élevages est appliqué au niveau cantonal. Un canton est considéré en excédent structurel lié aux élevages dès lors que la quantité moyenne annuelle d'azote produite par l'ensemble du cheptel du canton calculée et ramenée à la surface agricole utile épandable du canton est supérieure au seuil prévu pour les effluents d'élevage. L'excédent structurel lié aux élevages est appliqué au niveau cantonal. Un canton est considéré en excédent structurel lié aux élevages dès lors que la quantité moyenne annuelle d'azote produite par l'ensemble du cheptel du canton calculée et ramenée à la surface agricole utile épandable du canton est supérieure au seuil prévu pour les effluents d'élevage. Les zones en excédent sont alors dans l'obligation de traiter le surplus de lisier (coût de gestion).

Récemment, la combinaison des deux approches a donné lieu à des travaux basés sur des permis d'émissions polluantes sous réserve de conditions environnementales (Verhoef *et al.*, 1997). De plus, la politique environnementale a un impact direct sur le développement régional et urbain, tandis que la politique régionale et urbaine a des implications immédiates pour la qualité de l'environnement (Schnaiberg *et al.*, 1986).

La mesure de ces externalités peut s'effectuer soit par les coûts sociaux (Giaoutzi and Nijkamp 1993) soit par des interactions spatiales, *i.e.* le transport des polluants à travers l'espace (Verhoef, 1996). Au niveau empirique notons l'utilisation des contraintes réglementaires comme *proxies* de ces externalités environnementales dans le secteur agricole (Roe *et al.*, 2002) ou l'utilisation de l'énergie dans le secteur urbain (Verhoef et Nijkamp, 2008).

Cependant, l'effet d'une réglementation environnementale stricte peut avoir, selon l'hypothèse de Porter (1991), un impact positif sur la productivité des firmes touchées. En effet, selon l'auteur de cette hypothèse, une réglementation peut engendrer des bénéfices sociaux comme

souhaités lors de la mise en application (diminution des pollutions) mais également des bénéfices individuels. L'introduction d'une politique peut avoir un impact sur le comportement des agents qui adaptent alors leur processus de production de manière à combler leurs coûts de traitement des déchets. La modification technologique aurait pour but d'échapper à l'effet dispersif, l'impact de la réglementation sur la localisation serait alors peu significatif (Managi, 2004 ; Piot-Lepetit et Le Moing ,2007 ; Yang *et al.* ,2008).

2. Evaluer les externalités d'agglomération : les limites de la théorie face à l'empirique.

L'un des enjeux est aujourd'hui d'ouvrir la « boîte noire » des externalités. En étudiant les mécanismes sous-jacents de ces externalités, l'intérêt est de comprendre ce qui provoque ces externalités plutôt que de simplement supposer, à juste titre, qu'elles existent. De plus, le fait de poser les mécanismes microéconomiques empêche les externalités de devenir interchangeables, ce qui peut se produire lorsque le phénomène est étudié en globalité, les économies d'agglomération agissant de manière simultanée avec d'autres facteurs (qui, s'ils ne sont pas clairement explicités, ne peuvent être identifiés).

Cela est d'autant plus vrai lorsque l'on étudie ces phénomènes sur des données agrégées. En effet, comment différencier les effets dus aux comportements individuels des externalités d'agglomération ? L'une des principales solutions exposée dans la section 3 (de ce chapitre) suggère l'utilisation de bases de données individuelles (Rosenthal et Strange, 2004). Cependant, face aux difficultés de constitution de telles bases et l'usage, l'intérêt de modèles microéconomiques n'est pas négligeable. Enfin notons que les externalités d'agglomération sont basées sur des mécanismes très différents selon les politiques menées. Alors que si nous

modélisons les raisons de telles externalités, l'apport des informations relevant de l'individu lui-même permettrait d'obtenir des résultats précis plutôt que des résultats globaux liés à des suppositions différentes.

Définissons les mécanismes d'économie spatiale en trois types (Combes *et al.*, 2008) :

- Les externalités pures (augmentation directe de la productivité des facteurs) ;
- L'accès au marché des biens finaux (accroissement des gains sur le bien vendu) ;
- L'accès au marché des biens intermédiaires/inputs (réduction des coûts de production).

L'évaluation empirique et surtout distincte de l'ampleur de ces catégories d'externalités est une tâche compliquée. Les études s'attachent plutôt à analyser l'effet total, quel que soit le canal de diffusion.

La taxonomie ci-dessus nous permet de réfléchir en termes d' (i) externalités pécuniaires et d' (ii) externalités techniques. Ces économies d'agglomérations sont issues de mécanismes différents de par leur nature.

2.1 L'accès aux marchés : évaluation des externalités pécuniaires.

Les externalités pécuniaires, relevant des échanges marchands, sont mesurables car elles relèvent du processus du marché : elles sont endogènes. Cette mesure peut se faire par l'identification des voies de transmission : elles peuvent être assimilées à des *proxies* relatives aux accès aux marchés amont et aval.

Ainsi, la simultanéité des localisations entre les agents est directement associée aux externalités pécuniaires. La présence d'un marché final ou intermédiaire important est un

facteur de décision important dans le choix de localisation du producteur. La réaction en chaîne implique que l'attraction du producteur pour le secteur de l'aval est affectée par son attraction pour le marché de l'amont : l'arbitrage se fait alors sur la base des coûts de transport. Pour les producteurs porcins par exemple, être proche des fournisseurs d'alimentation industrielle permet de réduire le coût de ses inputs. Cependant, la demande intermédiaire (abattoirs-transformateurs) doit également tenir compte de la localisation des producteurs pour eux aussi diminuer leurs coûts. Le même principe s'applique au bassin de consommation. Les relations entre les individus et donc entre les localisations ne se fait donc alors que par les prix.

L'étude de Roe *et al.* (2002) prend en compte les différents liens aux marchés pour étudier la localisation des productions porcines aux Etats-Unis. En effet, ils considèrent tout d'abord l'accès au marché de l'input en intégrant d'une part les récoltes locales (constituant une approximation du prix local) et les dépenses alimentaires pour le bétail (industrie alimentaire). Le marché intermédiaire est pris en compte par la capacité d'abattage.

La mesure des externalités pécuniaires se fait donc par le biais des accès aux différents marchés. Si les externalités pécuniaires semblent plus faciles à identifier, les externalités technologiques restent peu étudiées de par leur complexité.

2.2 Comment approximer les externalités techniques ?

Les économies d'agglomérations sont avant tout le résultat d'interconnexions entre les agents. La particularité des externalités dites techniques est qu'elles relèvent essentiellement des débordements d'information et de connaissance issus des interactions non marchandes. Elles sont donc plus difficiles à cerner.

Lorsque l'étude empirique porte sur les économies d'agglomération, la première idée est d'incorporer un décalage spatial, qui tout comme le retard temporel qui apporte les informations antérieures, apporte les informations à propos des relations entre voisinage. Cependant quand bien même ce décalage nous donne une idée sur la présence d'économies d'agglomération dans leur ensemble, comment savoir quels sont les phénomènes sous-jacents ? Nous savons que le fait de s'agglomérer permet notamment d'augmenter la performance de chacun en augmentant les flux d'information ou de connaissance. Ces effets de localisation peuvent donc être captés par un décalage spatial épuré d'autres externalités d'agglomération. Il s'agit alors de contrôler cette boîte de Pandore en sortant petit à petit les phénomènes connus. Nous pouvons donc dans un premier temps discerner les externalités pécuniaires identifiées précédemment afin de restreindre au mieux le décalage spatial aux externalités non-marchandes.

Les travaux exposés dans les chapitres 4 et 5 ont une approche similaire à celle évoquée précédemment et utilisée par Roe *et al.* (2002). L'introduction d'un terme autorégressif spatial décrit le degré de concentration de la variable expliquée dans l'unité spatiale environnante (matrice de poids spatiale permet de prendre en compte que l'influence de cette concentration est décroissante avec la distance). Ce décalage spatial permet ainsi de capter les économies d'échelles externes à la firme mais internes au secteur (économie de localisation) telles que celles issues d'échanges d'information entre firmes proches ou de formation d'une main d'œuvre locale à compétence partagée (voir la section 2.2 du chapitre 1).

Cependant, nous ne pouvons être sûrs que le décalage spatial contienne uniquement les effets non-marchands. De plus, nous ne pouvons comprendre de par cette analyse les phénomènes distincts sous-jacents. En effet, l'agrégation de données individuelles masque une grande part des mécanismes concrets à l'œuvre dans l'agglomération.

3. Impact des économies d'agglomération sur les performances individuelles.

Jusqu'à présent la littérature évoquée s'est intéressée aux impacts des externalités d'agglomération sur la production à un niveau agrégé. Cependant, qu'en est-il de la répercussion de tels phénomènes sur le comportement individuel des exploitations, en termes de production et d'utilisation d'inputs ? De plus, mesurer la conséquence de ces externalités n'est pas chose aisée. De nombreuses études empiriques préalables ont utilisé des données agrégées et de mauvaises approximations d'externalités d'agglomération. Dans le but de résoudre ces problèmes, Rosenthal et Strange (2004) préconisent l'utilisation de bases de données individuelles qui permettent de mesurer à la fois la productivité et les caractéristiques particulières des agents.

Comme souligné par Rosenthal et Strange (2004), « *It is not just aggregate activity that is agglomerated. Individual industries are concentrated too.* ». Il s'avère en effet que les études sur données individuelles représentent aujourd'hui une part réduite des analyses menées du fait de la disponibilité des données et du peu de travaux théoriques sur la question (complexité due à l'effet « boule de neige »). Cependant, l'analyse de la localisation des activités doit aller au-delà des données agrégées et ainsi estimer les avantages, en termes de performance économique, retirés par les agents grâce à l'agglomération. Quelques articles ont étudié comment l'agglomération influe les performances individuelles des firmes dans le secteur industriel. Par exemple, Morrison Paul et Siegel (1999) ont ainsi démontré que l'agglomération provoque non seulement des économies d'échelle dans le secteur industriel américain, mais aussi des progrès technologiques, l'augmentation de la rentabilité et l'amélioration de l'efficacité.

Cependant, comme avancé dans le Chapitre 1, le secteur agricole est souvent mis à l'écart dans les articles empiriques menés sur la localisation des activités, l'article de Tveteras et Battese (2006) étant, à notre connaissance, la seule étude existante à ce jour au niveau individuel sur le lien entre agglomération et efficacité dans un secteur de production de ressources biologiques (la pisciculture). Ainsi cette partie va tout d'abord développer les effets de l'agglomération sur la productivité individuelle, puis présenter quelques études liant localisation et productivité dans le secteur agricole pour enfin expliciter différentes façons de mesurer l'impact de l'agglomération sur les performances individuelles.

3.1 Effets théoriques de l'agglomération sur la productivité individuelle.

Une concentration géographique entre deux exploitations peut être motivée par deux objectifs économiques: l'augmentation de la production et la création de gains d'efficacité (Rosenthal et Strange, 2004). Très simplement, l'agglomération peut accroître indirectement la production de chaque exploitation par un effet « boule de neige » : la production des exploitations situées à proximité « motive ». Parallèlement, la concentration géographique peut permettre à l'exploitation de réaliser des gains d'efficacité, qui relèvent en premier lieu de phénomènes d'économies d'échelle mais peuvent également résulter d'autres modifications de la production. Plus précisément, ces gains d'efficacité consistent en (Duranton et Puga, 2004) :

- des économies d'échelle, provenant d'une meilleure rentabilisation des coûts fixes, par la réorganisation du travail par exemple ;
- des effets d'apprentissage, qui correspondent à la mise en commun de l'expérience des exploitations ;
- du progrès technologique, permis par la diffusion des savoir-faire d'un producteur à l'autre.

Cette liste est avant tout théorique et doit être validée en pratique. Les études empiriques disponibles sur le lien de causalité entre concentration géographique d'entreprises et gains d'efficacité sont peu nombreuses. L'efficacité technique des unités de production est mesurée dans de nombreux secteurs d'activité : industriel, financier, pharmaceutique, mais également agricole. Néanmoins, le lien avec la localisation des activités reste peu étudié, en particulier pour le secteur agricole.

Les études empiriques sur le secteur industriel ont démontré que la concentration spatiale d'agent d'un même secteur (agglomération) menait souvent à une augmentation de la performance. Les principaux liens entre agglomération et productivité proviennent de divers facteurs : la réduction des coûts grâce à la complémentarité des services, la diffusion de l'information, les partages des biens publics, les liens avec l'amont et l'aval.

Ainsi, les études empiriques sur le secteur industriel montrent que la concentration géographique des agents a un impact positif sur la productivité, qu'elle soit mesurée en terme d'efficacité allocative, d'échelle ou technique²².

Bannister et Stolp (1995) explorent le lien entre localisation industrielle, concentration et efficacité économique (allocative) dans la fabrication mexicaine. Leur analyse suggère qu'au niveau global il existe une relation positive entre la concentration géographique et l'efficacité de la production.

Morrisson Paul et Siegel (1999) ont évalué les effets des économies d'échelle et des externalités d'agglomération sur la croissance économique dans le secteur industriel, sachant que ce sont des déterminants importants de cette croissance. Pour évaluer ces effets, ils ont évalué un modèle microéconomique basé sur une fonction de coût dynamique spécifique qui identifie séparément les impacts des externalités et des économies d'échelle. Ils constatent que

²² Ces notions sont explicitées dans l'Annexe 2.2.

les économies d'échelle souvent attribuées à des facteurs internes peuvent être dues à des externalités d'agglomération ;

Driffield et Munday (2001) cherchent à examiner jusqu'à quel degré l'investissement et l'agglomération des industries au Royaume-Uni a une incidence sur l'efficacité technique. Les auteurs font le lien entre la littérature relatant des économies dues aux investissements directs étrangers et l'agglomération avec celle de l'efficacité technique. L'analyse a pour but (entre autres) de savoir si une agglomération élevée a plus d'incidence sur l'efficacité technique que les autres déterminants. Leurs résultats montrent que la productivité se voit améliorée en présence d'agglomération. Leur article se veut utilisable pour les pouvoirs publics, ils évoquent donc l'idée que les réglementations devraient encourager les clusters afin d'améliorer la productivité des entreprises nationales.

Les études empiriques établissant un lien entre efficacité et agglomération sont relativement présentes et diversifiées dans le secteur industriel mais moins que la littérature empirique concernant les données agrégées. De plus, le secteur agricole se voit une fois de plus oublié.

3.2 Etudes empiriques sur le lien entre localisation et productivité en agriculture.

Depuis les années 90, l'efficacité technique a été souvent évaluée en agriculture. En France, par exemple, Boussemart et Dervaux (1994) et Piot (1994) ont mesuré l'efficacité technique dans, respectivement, la production porcine et la production céréalière en France. Plus récemment, le concept a été utilisé pour comparer les performances de différents types d'exploitations en Europe de l'Est, par exemple entre exploitations individuelles et larges coopératives (voir Gorton et Davidova, 2004). Les facteurs de l'efficacité ne sont pas systématiquement analysés ; ils permettent pourtant de mettre en évidence les sources principales d'inefficacité (par exemple Latruffe et al. 2004, Brümmer 2001). Cependant,

rarement des études consacrées au secteur agricole ne s'est intéressée à l'impact des externalités d'agglomération sur la productivité des exploitations.

Ali et Chaudry (1990) ont estimé une frontière de production déterministe pour un panel d'exploitations agricoles de quatre régions pakistanaises. Les paramètres de la frontière de production (de type Cobb-Douglas) ont été estimés par une méthode de programmation linéaire. De ce fait, les frontières de production ne se sont pas révélées homogènes entre les régions et les scores d'efficacité non significativement différents. Si les auteurs de cette analyse ont émis l'hypothèse qu'il existait des différences régionales d'efficacité, l'intégration d'un facteur d'agglomération reste une approche récente, et surtout utilisée dans le secteur industriel (par exemple, l'étude de Driffield et Munday (2001) sur les industries anglaises).

Seul, l'article récent de Tveteras et Battese (2006) prend en compte, dans une analyse basée sur une frontière stochastique, les externalités d'agglomération dans un secteur de production biologique, le domaine piscicole. Les auteurs ont examiné l'influence des externalités d'agglomération régionale sur la productivité de l'aquaculture (saumon) norvégienne, avec une distinction entre les effets sur la frontière de production des possibles (changement technologique) et sur l'inefficacité technique (due aux « erreurs » d'optimisation par les fermes). Les auteurs ont estimé la frontière stochastique sur un panel de 577 producteurs de saumon de 1985 à 1995. Dans le modèle économétrique, ils ont également intégré, pour contrôler les rendements d'échelle, des effets spécifiques aux régions, l'âge du fermier, et le changement technique. Ils utilisent également deux variables (à savoir la taille régionale d'industrie et la densité régionale de fermes) pour mettre en avant le fait que les externalités d'agglomération influencent la productivité (de façon positive) ainsi que l'efficacité technique. Ils séparent cet impact positif en deux effets : des marchés localisés donnent des

exploitations fortement productives et spécialisées, et peuvent également provoquer des différenciations régionales des frontières de production (chaque région est plus ou moins sensible aux débordements de connaissances du fait de leur densité d'exploitations et ainsi provoque un « ajustement » des processus de production des agents régionaux).

Les auteurs constatent qu'une augmentation de la taille régionale de l'industrie est associée à un progrès technologique et un niveau d'efficacité technique substantiel. Il existerait donc des externalités positives croissantes, probablement dues aux transferts des connaissances et à un approvisionnement spécialisé plus important (quand l'industrie régionale se développe). Une augmentation de densité régionale d'exploitations a, quant à elle, un effet négatif sur le progrès technologique, mais un effet positif au niveau de l'efficacité technique. Selon les auteurs, l'effet négatif provient d'externalités de congestion (liées aux maladies de poissons), alors que l'effet positif est lié aux transferts de connaissances.

Cet article fournit ainsi des indices sur les effets des externalités d'agglomération dans le cas de producteurs de saumons. Les auteurs évoquent cependant l'hypothèse que ces effets peuvent être particuliers à cette production « régionale », soit la production de saumon, et non à d'autres activités polarisées. C'est pourquoi il est intéressant d'analyser comment les externalités d'agglomération sont captés dans d'autres secteurs.

3.3 Méthodes d'analyse des effets d'agglomération sur l'efficacité.

Nous n'allons dresser dans cette partie qu'une liste, non exhaustive, des méthodes possibles pour analyser les effets d'agglomération sur les performances individuelles à travers l'efficacité technique. Ces méthodes sont « empruntées » à l'économie de la production.

Le concept d'efficacité technique et sa mesure

Le concept d'efficacité est basé sur la distance d'une observation à la frontière de production. Farrell (1957) fut le premier à définir clairement le concept d'efficacité économique et à distinguer les concepts d'efficacité technique et d'efficacité allocative (Annexe 2.2). L'efficacité technique se réfère à une notion physique, indépendante des prix des inputs ou des outputs aussi bien qu'à la disponibilité des inputs : elle indique si une exploitation est capable d'atteindre une production maximale à panier d'inputs donné. Par opposition, un agent est efficace du point de vue allocatif si sa combinaison output(s)-input(s) maximise son profit (ou minimise ses coûts) à prix donnés. Très schématiquement, plus une exploitation produit près de la frontière des possibles, plus elle est efficace. La mesure de l'efficacité implique donc la mesure de la diminution potentielle d'inputs (on parle alors d'orientation input du modèle de calcul de l'efficacité) ou l'augmentation possible d'outputs (on parle alors d'orientation output) par rapport à une référence optimale, toutes choses égales par ailleurs. L'intérêt est alors de définir cette référence, c'est-à-dire construire la frontière efficace.

Dans la littérature, deux principales méthodologies sont généralement utilisées pour effectuer cette construction : l'approche déterministe non-paramétrique et l'approche stochastique.

L'approche non-paramétrique utilise la programmation mathématique pour construire une frontière en morceaux (*piece-wise frontier*) à partir des données disponibles sur les unités de production de l'échantillon. La frontière efficace relie les observations les plus performantes de l'échantillon utilisé. L'efficacité d'une entité est alors calculée grâce à son écart à cette frontière, par projection de l'observation sur la frontière suivant la ligne du ratio de facteurs constant (en cas d'orientation input) ou suivant la ligne du ratio des produits constant (en cas d'orientation output). Cette méthode²³ est appelée Analyse par Enveloppement des Données

²³ La méthode d'Analyse par Enveloppement des Données est détaillée dans l'Annexe 2.3.

ou DEA, de l'anglais *Data Envelopment Analysis*. Plus récemment s'est développée une généralisation de cette méthode : les fonctions de distance directionnelle, qui permettent de considérer simultanément les orientations input et output.

La deuxième méthode communément utilisée pour construire les scores d'efficacité des exploitations utilise une frontière de production stochastique. Cette dernière permet d'estimer économétriquement l'indice d'efficacité spécifique à chaque exploitation en tenant compte du bruit potentiel. C'est une différence majeure avec l'approche déterministe, dans laquelle les performances des exploitations sont comparées à une seule et même frontière et l'écart à cette frontière est totalement attribuée à de l'inefficacité. La notion de facteurs hors contrôle est alors omise. Un développement d'une approche d'erreur composée, dite stochastique, s'est donc avéré nécessaire pour estimer l'indice d'efficacité spécifique à chaque firme tenant compte du bruit potentiel. Elle a été introduite simultanément par Aigner *et al.* (1977) et Meeusen et Van Den Broeck (1977), puis reprise par Jondrow *et al.* (1982). Elle postule que le terme d'erreur de la fonction de production est composé de deux parties indépendantes, une totalement aléatoire (V) et l'autre représentant l'inefficacité technique (U). L'indice d'efficacité se calcule alors en estimant la moyenne conditionnelle de la distribution de U_k étant donné V_k (k étant l'unité de production).

Les avis divergent quant à l'utilisation de l'une ou l'autre des méthodes. Concernant la méthode non-paramétrique, elle a trois inconvénients majeurs. Premièrement, la frontière de production obtenue est déterministe : ainsi, tout écart qu'une firme affiche par rapport à cette frontière est attribué à l'inefficacité (pas de variation aléatoire). Ensuite, la fonction de production estimée n'a aucune propriété statistique et donc il n'y a aucun test d'hypothèse possible. Enfin, cette frontière de production est sensible aux observations extrêmes puisqu'elle est construite en reliant les observations les plus productives de l'échantillon ; la

localisation de la frontière, et donc les distances aux observations qui ne sont pas sur la frontière, peuvent donc considérablement changer si une valeur extrême crée la frontière ou non. Concernant la méthode de la frontière stochastique, son utilisation permet d'isoler le terme d'erreur purement aléatoire et ainsi de conduire à une mesure plus précise de l'efficacité technique (du point de vue théorique). L'utilisation d'une frontière stochastique présente néanmoins un inconvénient, celui de la nécessité de spécifier la fonction de production ; les hypothèses de spécifications peuvent s'avérer restrictives et ainsi entraîner un biais.

L'approche non-paramétrique présente quelques avantages majeurs par rapport à la frontière stochastique : elle n'impose donc pas de forme fonctionnelle *ad hoc* à la fonction de production, ni de restriction sur la distribution du terme d'erreur représentant l'inefficacité, évitant ainsi les biais de mauvaise spécification ; de plus, elle permet la mesure de l'efficacité même dans des cas de multi-produits et de multi-inputs sans imposer de restrictions supplémentaires (l'approche stochastique étant contrainte d'être mono-produit) ; enfin, elle permet d'identifier l'efficacité d'échelle (c'est à dire la contribution de la taille d'une entité à sa performance) et le type de retours d'échelle pour chaque observation.

La mesure des effets d'agglomération.

Le fait de mesurer l'efficacité des agriculteurs permet de savoir s'ils sont efficaces ou non. Cependant, l'intérêt est d'isoler les causes de cette inefficience. Coelli *et al.* (2005) ont détaillé les différentes méthodes.

Les méthodes à une étape utilisées avec les frontières stochastiques permettent de contrôler l'impact des variables d'environnement directement lors de l'évaluation des performances économiques des unités de production.

L'évaluation des déterminants de l'efficacité estimée avec la méthode DEA peut être réalisée en deuxième étape avec une régression des scores obtenue en première étape sur un groupe de variables potentiellement explicatives. La méthode utilisée est alors fonction de la nature des variables : moindres carrés ordinaires, variables instrumentales, tobit, régression tronquée ou moindres carrés généralisés. Cette approche en deux étapes est destinée à prendre en compte le fait que certains facteurs qui ne font pas partie de la fonction de production (*i.e.* que l'agent ne peut contrôler) contribuent à l'efficacité de l'agent. L'intérêt de cette méthode dans notre thèse est de comprendre en quoi les phénomènes d'agglomération cités précédemment influent sur la performance individuelle. Notons que lors du calcul des scores d'efficacité, ces derniers sont supposés indépendamment et identiquement distribués alors que dans la seconde étape, les scores prédits sont supposés être fonction de certains facteurs spécifiques à la firme. Cela induit qu'ils ne sont pas distribués identiquement, à moins que tous les coefficients des facteurs ne soient simultanément égaux à zéro (Battese et Coelli, 1995). Dans le cas des facteurs d'agglomération nous pouvons supposer que cela donne une distribution moins hétérogène du fait de l'interaction supposée entre les agents.

En prolongement de la méthode en deux étapes, il existe également une méthode à quatre étapes proposée par Fried *et al.* (1999). Pour classer les producteurs selon leur efficacité technique pure, ils éliminent l'impact des facteurs d'environnement en combinant des outils paramétriques et non paramétriques. Ils désirent ainsi créer un échantillon qui se trouverait dans le pire événement possible, et donc recalculer leurs scores d'efficacité afin de déterminer l'apport des facteurs extérieurs. Il semble alors difficile de mesurer exactement l'impact de chaque facteur.

Conclusion du chapitre 2.

Ce chapitre nous a permis de mettre en avant non seulement les déterminants possibles de la localisation des activités agricoles mais également de cerner les problèmes inhérents à la mesure de ces déterminants et des mécanismes sous-jacents. La théorie de la localisation nous laisse penser que la localisation des activités agricoles se fait par le biais d'économies d'agglomération et donc par l'interaction marchande ou non avec les autres acteurs (simultanéité des localisations). Ces externalités peuvent être provoquées par des relations entre producteurs (spillovers de connaissance ou formation d'une main d'œuvre à compétence proche par exemple), des relations aux marchés (amont et aval) mais également par les réglementations environnementales. La mesure de ces externalités est possible, cependant tout indique qu'elle engendre des problèmes de compréhension des mécanismes relatifs à ces économies d'agglomération. En effet, la plupart des études faites jusqu'à présent sont basées sur des données agrégées qui ne donnent pas toutes les informations nécessaires. Une solution possible à ce problème est l'évaluation des phénomènes d'agglomération sur les performances individuelles.

Les chapitres précédents ont ainsi mis en avant certaines lacunes concernant les déterminants de la localisation des activités, notamment celle du secteur agricole.

Une première approche de modélisation des externalités d'agglomération dues aux coopérations techniques ainsi qu'aux régulations environnementales, spécifiques du secteur porcin français, est développée dans le chapitre 3. Les chapitres 4 et 5 développent quant à eux des analyses empiriques basées sur des modèles spécifiques à la structure étudiée. L'intérêt est alors de mettre en avant les externalités pécuniaires au travers des variables d'accès aux inputs et outputs, les externalités technologiques à travers un décalage spatial (la

« boîte noire » n'est donc pas ouverte faute de *proxies* adéquates) et les effets des réglementations environnementales (approximées par la disponibilité de la terre d'épandage). Les problèmes inhérents à chaque analyse empirique sont spécifiés dans les chapitres relatifs à ces études. Enfin, le chapitre 6 a pour but d'éclairer à propos des possibles effets d'agglomération sur les performances individuelles.

Annexe 2.1. Bref historique : Elevage et environnement

France.

15 Octobre 1810 : Décret réglementant les établissements insalubres qui maintient l'élevage (commercial) parmi les activités incommodes qu'il faut « éloigner des maisons ».

1917 : Loi qui ne considère plus l'élevage comme une activité dangereuse : l'élevage urbain s'est concentré, assagi et constitué hors-sol.

1976 : Loi sur les installations classées rétablit l'élevage parmi les activités à risque qu'il s'agit d'éloigner des habitations rurales, et surtout, des points d'eaux.

Octobre 1980 : Rapport du groupe de travail « Activités agricoles et qualité des eaux »

1991 : Travaux du comité d'orientation pour la réduction de la pollution des eaux par les nitrates (CORPEN)

1992 : Intégration des élevages bovins dans la loi de 1976.

1994 : Mise en œuvre du programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole (Pmpoa)

10 Janvier 2001 : Décret concernant les zones d'excédent structurel (ZES) pris en application de la « directive nitrates »

Septembre 2007 : Rapport du Grenelle de l'Environnement.

Europe.

1985 : Article 19 permettant aux Etats membres de mettre en place un régime d'aide aux exploitations dans les zones sensibles au niveau environnemental (peu usitée par la France).

12 Décembre 1991 : Directive 91/676/Cee du Conseil des communautés européennes dite directive « Nitrates » (désignation des zones vulnérables, et du plan d'action)

30 Juin 1992 : Mise en place de la prime au maintien des systèmes d'élevages extensifs (PMSEE) dite « prime à l'herbe »

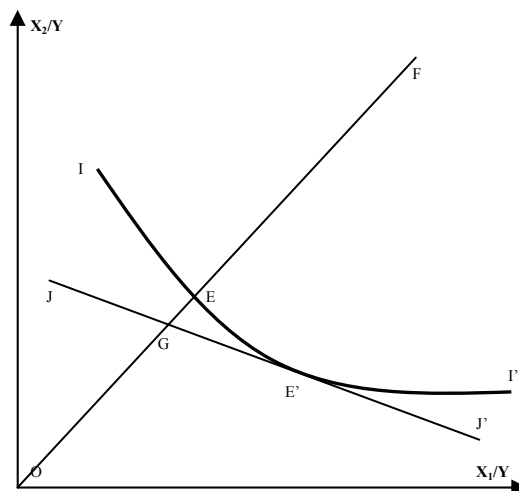
Annexe 2.2. La notion d'efficacité de Farrell.

Farrell (1957) fut le premier à définir clairement le concept d'efficacité économique et à distinguer les concepts d'efficacité technique et d'efficacité allocative.

Soit une fonction de production utilisant deux facteurs (X_1 , X_2) pour produire un produit donné Y . Dans sa représentation, Farrell suppose des rendements d'échelle constants (hypothèse restrictive, qui fut relâchée plus tard par Charnes *et al.*, 1978).

Dans ce cadre simplifié, la fonction de production est représentée (Figure A2.a) par l'isoquante unité II' , c'est-à-dire par les combinaisons possibles de facteurs pour produire une unité d'output ; en d'autres termes, la fonction s'écrit $1 = f(X_1/Y, X_2/Y)$. Le cadre introduit par Farrell (1957) est celui de l'orientation input, où les firmes cherchent à minimiser leur utilisation d'inputs à production constante. Un cadre similaire pourrait être construit pour une orientation output, où les firmes auraient pour objectif la maximisation de leurs produits (Y_1 , Y_2) à facteur donné (X).

Figure A2.a. Représentation graphique de l'efficacité technique et de l'efficacité allocative (orientation input).



Source : Farrell (1957)

L'isoquante II' représente les différentes combinaisons des facteurs de production qu'une firme parfaitement efficace peut utiliser pour produire une unité d'output : c'est la frontière de production. Les combinaisons d'inputs réalisables se trouvent nécessairement à droite de l'isoquante.

Ainsi, le point E représente une firme techniquement efficace, car, étant sur la frontière, elle ne peut pas réduire plus ses facteurs de production.

La firme F n'est pas sur la frontière, donc elle n'est pas efficace. Mais elle utilise les deux facteurs de production dans le même rapport que la firme située au point E. Le ratio OE/OF est alors défini comme étant le niveau d'efficacité technique de la firme située en F. Ainsi, ce ratio est de 1 pour une firme parfaitement efficace (située sur II'), et diminue indéfiniment lorsque les quantités d'inputs pour un même niveau de production deviennent de plus en plus grandes (c'est à dire plus on s'éloigne de la frontière).

Cependant, pour qu'une firme soit économiquement efficace, il est également nécessaire qu'elle utilise les différents facteurs de production dans les bonnes proportions étant donnés leurs prix relatifs. Sur la Figure A2.a, la droite JJ' ayant une pente égale au ratio des prix des facteurs (courbe d'isocoût), c'est alors E' , et non pas E, qui est le point optimal de production. En effet, même si l'efficacité technique est maximale en E comme en E' , les coûts de production à E' ne représentent que la fraction OG/OE de ceux au point E. Ce ratio est alors défini comme une mesure de l'efficacité de prix, ou efficacité allocative, au point E. Ainsi, si la firme située au point F change la proportion d'utilisation de ses inputs jusqu'à ce qu'elle soit égale à celle donnée au point E' , tout en gardant son indice d'efficacité technique constant, ses coûts seront modifiés par le facteur OG/OE (indice d'efficacité allocative). Comparée à la firme située en F, la firme E' qui est parfaitement efficace, techniquement et allocativement, montre des coûts qui sont une fraction OG/OF de ceux de cette première firme. Le ratio

OG/OF, qui est le produit des deux ratios qui définissent respectivement l'efficacité technique et l'efficacité allocative, reflète le niveau d'efficacité économique (c'est à dire une efficacité globale) de la firme située en F.

Annexe 2.3. Calcul de l'efficacité technique : la méthode DEA.

Basée sur le concept de distance introduit par Farrell (1957), la méthode DEA consiste à construire une frontière en morceaux (*a piece-wise frontier*) grâce au sous-échantillon le plus performant de l'ensemble des données disponibles : ainsi toutes les observations de l'échantillon complet se situent sur ou en dessous de la frontière d'efficacité (Charnes *et al.*, 1978).

La distance entre une observation et la frontière d'efficacité permet de calculer son score d'efficacité, compris entre 0 et 1, une exploitation située sur la frontière étant identifiée comme totalement efficace et ayant 1 comme score d'efficacité. Ainsi, plus le score d'une exploitation est important (proche de 1), plus celle-ci est considérée comme efficace.

Comme mentionné précédemment, la méthode DEA propose deux orientations possibles : par les inputs ou par les outputs. Un modèle orienté input calcule la quantité minimale d'inputs à outputs donnés pour que l'exploitation soit totalement efficace. Ainsi, le modèle linéaire de programmation associé à un modèle input cherche à minimiser la distance à la frontière efficace pour calculer le score d'efficacité technique θ_i pour la $i^{\text{ème}}$ exploitation. Sous l'hypothèse de rendements d'échelle constants (hypothèse la plus restrictive), le score est la solution du programme suivant :

$$\min_{\lambda, \theta_i} \theta_i \tag{A2.1}$$

sous les contraintes

$$-Y_i + Y\lambda \geq 0 \tag{A2.2}$$

$$\theta_i X_i - X\lambda \geq 0 \tag{A2.3}$$

$$\lambda \geq 0 \tag{A2.4}$$

où

X et Y sont respectivement les matrices d'inputs et d'outputs de l'échantillon ;

X_i et Y_i sont respectivement les vecteurs d'inputs et d'outputs de la $i^{\text{ème}}$ exploitation ;

λ est un vecteur de coefficients à estimer ;

et θ_i est un scalaire tel que $0 \leq \theta_i \leq 1$, qui sera le score d'efficacité de la $i^{\text{ème}}$ exploitation.

Afin de relâcher l'hypothèse d'exploitations opérant sous rendements d'échelle constants, et ainsi étendre le modèle aux exploitations à rendements d'échelle variables, il est nécessaire d'ajouter une contrainte de convexité :

$$N1 \times \lambda = 1 \quad (\text{A2.5})$$

où

$N1$ est un vecteur unitaire $n \times 1$, avec n le nombre d'exploitations de l'échantillon.

A contrario, un modèle DEA orienté output calcule quant à lui la proportion d'output maximale que l'on peut produire à panier d'inputs donné. Le modèle à résoudre est alors le suivant :

$$\max_{\lambda, \phi_i} \phi_i \quad (\text{A2.6})$$

sous les contraintes

$$-\phi_i Y_i + Y\lambda \geq 0 \quad (\text{A2.7})$$

$$X_i - X\lambda \geq 0 \quad (\text{A2.8})$$

$$\lambda \geq 0 \quad (\text{A2.9})$$

où

X et Y sont respectivement les matrices d'inputs et d'outputs de l'échantillon ;

X_i et Y_i sont respectivement les vecteurs d'inputs et d'outputs de la $i^{\text{ème}}$ exploitation ;

λ est un vecteur de coefficients à estimer ;

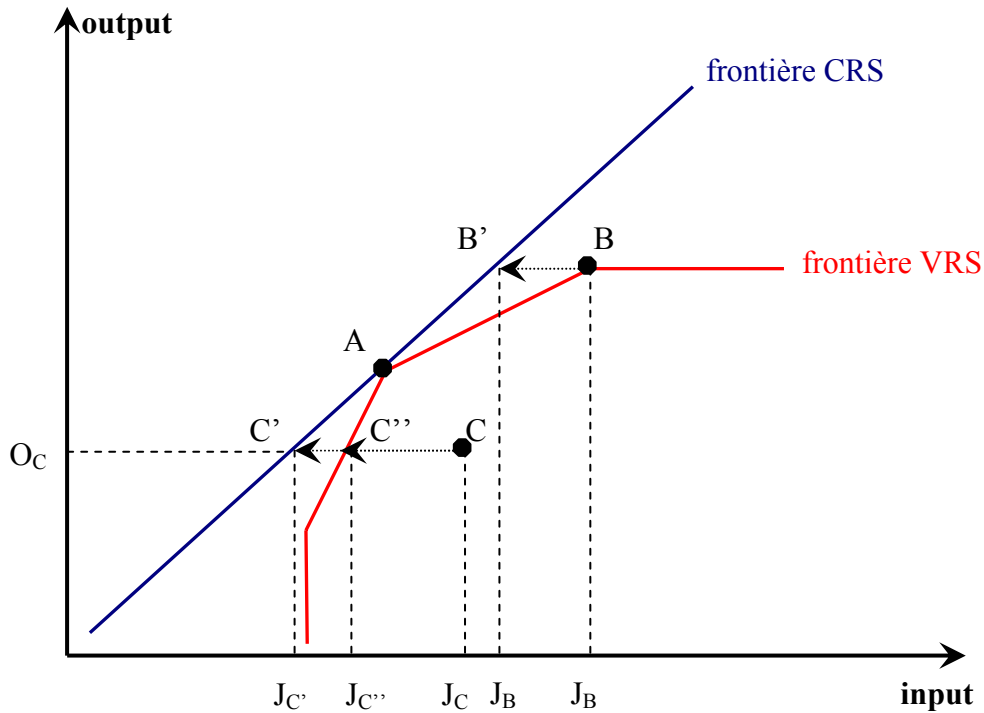
et ϕ_i est un scalaire tel que $\phi_i = 1/E$, E étant l'efficacité technique orientée output.

Pour prendre en compte des rendements d'échelle variables dans le modèle, il faut également rajouter la contrainte de convexité (A2.5).

La méthode DEA, en utilisant conjointement des modèles basés sur des rendements d'échelle constants (CRS, de l'anglais *Constant Returns to Scale*) et variables (VRS, de l'anglais *Variable Returns to Scale*), permet de distinguer les différences entre une efficacité technique pure (calculée sous l'hypothèse VRS ; provenant des pratiques de gestion seules) et une efficacité d'échelle (provenant de la taille de production), les deux efficacités composant alors l'efficacité technique totale (calculée sous l'hypothèse CRS). Les notions d'efficacité technique et d'efficacité d'échelle sont décrites au travers de la Figure A2.b, en prenant l'exemple d'un modèle DEA avec orientation output et dans un cadre mono-produit mono-facteur.

La frontière de production VRS permet d'obtenir une mesure de l'efficacité technique « pure », *i.e.* exempte de l'efficacité d'échelle. Ainsi, les exploitations situées sur cette courbe possèdent des pratiques de gestion optimales quelle que soit leur efficacité d'échelle. C'est le cas des exploitations A et B, mais pas de l'exploitation C. De plus, l'exploitation située au point A se trouve sur la frontière de production CRS : ceci indique que contrairement à l'exploitation B, A est techniquement efficace et ce de manière totale. En effet, l'exploitation A a une taille optimale et possède donc un score d'efficacité d'échelle égal à 1, en plus d'avoir un score d'efficacité technique pure de 1.

Figure A2.b. Les frontières DEA sous rendements d'échelle constants et variables (orientation output).



Source: d'après Coelli et al., 2005 (Figure 6.3)

Alors que les distances aux frontières représentent l'inefficacité d'une exploitation, les scores d'efficacité sont quant à eux calculés à partir de ratios. Conformément à la Figure A2.b, les efficacités techniques totale (*i.e.* calculée sous l'hypothèse de rendements d'échelle constants) et pure (*i.e.* calculée sous l'hypothèse de rendements d'échelle variables) de l'exploitation C sont données par les équations (A2.10) et (A2.11). L'efficacité d'échelle est calculée à partir du ratio entre l'efficacité technique totale et l'efficacité technique pure. Ainsi, l'efficacité d'échelle de l'exploitation C est donnée par l'équation (A2.12).

$$\text{Efficacité technique totale (sous CRS)} : O_{C'} / O_C \quad (\text{A2.10})$$

$$\text{Efficacité technique pure (sous VRS)} : O_{C''} / O_C \quad (\text{A2.11})$$

$$\text{Efficacité d'échelle} : O_{C'} / O_{C''} \quad (\text{A2.12})$$

Il est intéressant de noter par ailleurs que la méthode DEA permet d'identifier si les exploitations non efficaces en terme d'efficacité d'échelle possèdent des rendements d'échelle décroissants (DRS, *decreasing returns to scale*) ou croissants (IRS, *increasing returns to scale*). Ainsi, les exploitations avec rendements d'échelle DRS (respectivement IRS) sont considérées comme des exploitations dont la taille est sur-optimale (respectivement sous-optimale) pour être efficaces.

CHAPITRE 3

LA LOCALISATION DES ACTIVITES AGRICOLES : UNE MODELISATION DE LA STRUCTURE DE PRODUCTION.

Au début des années 60, la production porcine française apparaît désorganisée et incapable de se placer dans le marché communautaire européen. L'ouverture des frontières provoque une consommation qui se satisfait des importations et la production nationale perd du terrain. Il s'avère alors urgent de développer un modèle de développement en France, comme cela s'est déjà fait dans les autres états de la communauté (IFIP, 2002).

En effet, le secteur porcin en France était alors surtout composé de multiples petites unités éparpillées à travers le territoire et ne produisant essentiellement que pour la demande de proximité. De plus, les orientations des ateliers sont encore distinctes, tant sur le plan des exploitations qu'au niveau d'une spécialisation régionale. De plus, les ateliers orientés naisseurs apparaissent comme de petites structures tandis que les engraisseurs se distinguent comme des structures quasi industrielles.

Lors de la mise en place du Marché Commun agricole, des réglementations d'organisation commune du marché du porc sont aménagées. Au plan national, la Loi d'Orientation Agricole de 1960 dessine le grand projet de modernisation de l'agriculture française, qui sera complété par la loi sur l'Élevage de 1966. A cette époque, la production porcine française peine à contenir la consommation croissante, dopée par l'offre étrangère. Cet état de fait a entraîné la mise en place, en 1970, du Plan de rationalisation de la production porcine ayant pour but de moderniser l'appareil de production. Ce plan comporte des aides à l'investissement permettant

l'arrivée de nouveaux éleveurs, l'amélioration génétique avec la création de stations publiques de contrôle et le développement de schémas de sélection, un effort de formation des éleveurs et techniciens. Le fil conducteur de cette mise en œuvre est novateur, et similaire au développement de ce secteur dans d'autres pays : c'est le groupement de producteurs.

Le premier point du modèle de développement du secteur porcin français apparaît en 1970 avec le Plan de rationalisation des Pouvoirs Publics : ce plan est destiné à moderniser l'appareil de production notamment en développant la coopération technique à travers des regroupements de producteurs. L'option d'une coopération technique met notamment en avant la volonté de développer un modèle de production techniquement compétente.

L'appareil de production évolue alors de manière importante, permettant d'accroître la production qui passe de 1,1 million de tonnes équivalent-carcasse en 1962 à 1,5 en 1985 et 2,3 en 2000. Sur cette période, les exploitations de petite taille (au moins une truie ou cinq porcs) ont disparu peu à peu (250 000 en 1969, 65 000 en 2000), alors que la taille moyenne des élevages a particulièrement augmenté, en particulier depuis les années 80. Les élevages de plus de 100 truies, très peu nombreux dans les années 60, représentaient un tiers du cheptel en 1988 et plus de 70 % en 2000. Les élevages de moins de 100 porcs fournissaient 72 % des porcs charcutiers en 1966 contre 2 % en 2000, alors que les élevages de plus de 1000 porcs se sont développés, surtout depuis le milieu des années 1980, représentant un tiers de la production en 1988 et 65 % en 2000 (IFIP, 2002).

Dans le même temps, il s'est produit une concentration géographique de la production : la Bretagne regroupait 30 % des effectifs en 1969 et 55 % en 2000; l'ouest (Bretagne, Pays de la Loire, Basse Normandie) en rassemble aujourd'hui les trois quarts. La production s'est organisée : les groupements de producteurs rassemblaient 31 % de la production en 1972 contre 90 % en 2000 (Daucé et Léon, 2003).

Le profil des entreprises d'abattage s'est complètement bouleversé depuis les années 60. Leur nombre est passé de 1500 à 250 environ et leur taille s'est considérablement accrue : la moitié de l'activité est assurée par neuf entreprises aujourd'hui, contre plus de 200 en 1968. Ces entreprises se sont concentrées dans les zones de production.

Ainsi, au cours des trente dernières années, la carte de la production porcine française a été profondément modifiée. La production s'est accrue de deux tiers en même temps qu'une mutation tant structurelle que géographique se produisait : les exploitations de taille réduite se sont effacées au profit de grandes structures (IFIP,2002)²⁴ et, des regroupements se sont organisés afin d'optimiser la maîtrise des débouchés et améliorer la compétitivité (Teffène *et al.*, 1998).

Cependant, cette restructuration a provoqué une concentration géographique, notamment en Bretagne. Le modèle développé apparaît alors comme limité : la protection de l'environnement provoque depuis la fin des années 90 une contrainte de production jusqu'alors ignorée. Le nouveau défi de la production porcine française est alors de gérer un nouveau coût environnemental dépendant de la production elle-même.

Cette même mutation se retrouve dans les élevages américains. En effet, Welsh *et al.*(2003) démontrent que la production porcine américaine s'est également concentrée dans les mêmes conditions que la production française : nombre d'élevage en chute surtout dans les petites exploitations, développement de la production de manière accrue. De plus, Martinez (1999) et Roe *et al.* (2002) ajoutent qu'une intégration horizontale, mais également verticale, s'est développée dans un but d'indépendance. Ainsi, il s'avère que le bouleversement du secteur porcin n'est pas typiquement français. Il s'est en fait développé suite aux nombreuses crises

²⁴ De 12 porcs en moyenne par exploitation en 1968 à 157 en 1995. Sachant que le nombre d'exploitations est passé de 795 000 à 90 000. Le nombre d'élevage a chuté de près de 90 %, le cheptel s'est quant à lui accru de 50% et la taille moyenne a été multipliée par 13.

connues par le secteur (peste porcine, cycle des prix, etc.) et dans la même optique que le secteur avicole (Hubbell et Welsh, 1998).

Si les études empiriques, ou faits stylisés, sont relativement important dans la littérature, les auteurs s'appuient généralement sur des modèles classiques ou des indicateurs de concentration pour y parvenir. Notre but est ici de développer un modèle théorique de la structure du secteur porcine français depuis les années 60 qui à partir d'hypothèses classiques de l'économie industrielle (modèles de Cournot et d'Hotelling, Jeux séquentiels), cherche à incorporer des hypothèses d'agglomération industrielle.

L'intérêt est alors d'établir en quoi la coopération technique entre les agents est source d'agglomération. De plus, l'intérêt porté à l'environnement et son influence sur la production nous amène à nous attacher à la question suivante : l'impact d'un arbitrage entre production porcine et production de lisier peut-il entraîner une dispersion spatiale et donc la fin du modèle de développement établi depuis 1970 ?

L'objectif de notre modélisation est donc de mettre en avant les différents facteurs qui ont pu influencer la localisation de la production porcine au cours des dernières années. Le but est ainsi de déterminer l'impact de chaque facteur séparément.

Nous développons tout d'abord le cadre théorique général de nos modélisations. Nous explicitons ensuite différents modèles dans la partie suivante :

- Un modèle de marché simple symbolisant le marché porcine français des années 60 ;
- Un modèle avec débordements techniques suite au développement des regroupements de producteurs (Plan de rationalisation de 1970) ;
- Nous intégrons par la suite les réglementations environnementales²⁵ qui ont provoqué de nouvelles distributions spatiales des facteurs de production.

²⁵ Pour une explication détaillée des réglementations imposées au secteur porcine, voir Rieu (2006).

La dernière section conclut et met en avant l'intérêt des coopérations tant techniques que commerciales et les enjeux de coûts environnementaux.

1. Le cadre théorique global.

La problématique de la localisation des activités est développée à travers deux types de littératures :

- La théorie de la localisation avec intégration de notions d'économie industrielle;
- L'économie industrielle avec intégration de la dimension spatiale (Hotelling, Salop).

L'économie géographique, qui traite de la localisation des activités, distingue le niveau macroéconomique avec des rendements croissants, fondement de la Nouvelle Economie Géographique (NEG), et le niveau microéconomique avec des interactions stratégiques. D'une part, la localisation des activités par le biais des rendements croissants a pour but d'expliquer les processus de spécialisation industrielle à l'échelle internationale non pas au moyen des théories traditionnelles de l'échange international (avantage comparatif) mais par la présence de rendements croissants (Helpman et Krugman, 1985). Ces rendements croissants se traduisent par les économies d'échelle internes et les économies d'échelle externes citées dans le chapitre 1. D'autre part, l'idée centrale des interactions stratégiques est que quelque soit le nombre d'entreprises, la nature spatiale de l'économie fait que les entreprises ne sont en concurrence qu'avec leurs voisines. La théorie de la localisation issue de l'économie géographique ne peut s'appliquer telle quelle à la production agricole, de plus nous souhaitons étudier plus particulièrement les mécanismes qui provoquent une concentration géographique des agents, il faut donc adapter l'économie industrielle avec des outils issus de l'économie spatiale.

Nos modèles se basent sur une localisation donnée et une production évoluant. Nous considérons des biens homogènes : pas de différenciation horizontale ou verticale, ou de préférence pour la variété. Nous considérons un accès au marché des inputs similaire (répercussion du coût de la distance entre amont et aval dans le prix des producteurs) mais pas nécessairement d'autoproduction.

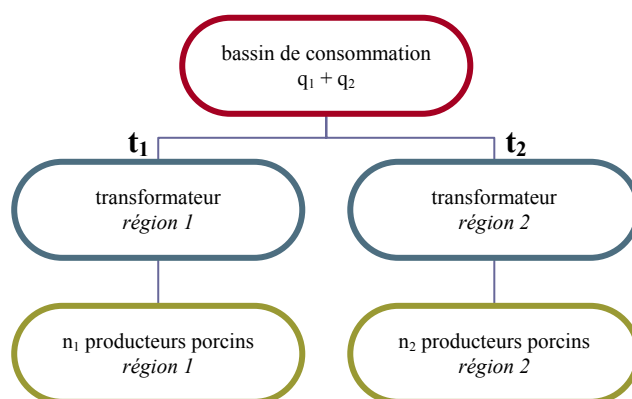
1.1 Structure du modèle

Nous supposerons dans cette partie un modèle simplifié :

- Deux régions de productions de porcs: $r=1, 2$;
- Deux compagnies de transformation (une par région) ;
- Une région de consommation qui achète auprès des deux compagnies indifféremment ;
- Soit n_1 et n_2 le nombre de producteurs de porcs dans chaque région ;

On supposera que les producteurs d'une même région disposent d'un accès identique aux inputs, mais il existe des différences entre les deux régions (prix d'inputs aliments différents).

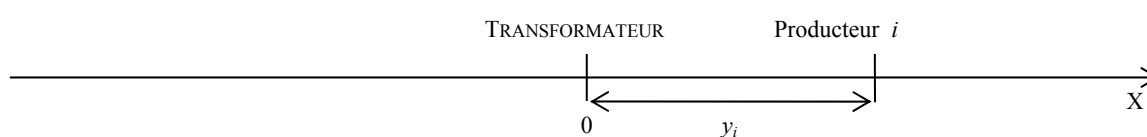
Figure 3.1. Structure du modèle.



Dans chaque cas, les unités de production de porcs sont localisées sur une droite $X (-\infty, +\infty)$. Le centre (0) est la localisation du transformateur. y_i est la localisation d'un producteur i à

droite de la droite. Chaque producteur a besoin d'une unité de terre pour produire (La rente foncière ne varie pas avec la distance et est une constante, que l'on normalise à zéro). Supposons également que ce sont ces producteurs qui supportent les coûts d'acheminement des porcs au transformateur : ces coûts sont dépendants de la quantité transportée et de la distance parcourue.

Figure 3.2. Localisation des agents.



Le coût de transport est une force de dispersion (Fujita et Thisse, 2002) : ainsi le producteur a intérêt à se rapprocher des acteurs avec qui il a des transactions qui impliquent des coûts de transport. On parle de rapprochement vertical. Le coût de transport par unité de distance est $\tau > 0$, si que bien que, sachant que n_r représente le nombre total de producteurs dans la région r :

- Le coût de transport d'un producteur est $\tau \times |y_i|$ pour une unité de porc ;
- Le coût de transport du producteur le plus éloigné est $(\tau \times n_r)/2$ par unité de porc. En effet, si l'on dénombre n_r exploitants qui se répartissent uniformément de chaque côté du transformateur, l'exploitant le plus éloigné sera localisé à une distance maximale $n_r/2$;
- Et, la somme des coûts de transport dans une région est $\tau \times (n_r/2)^2$ par unité de porc.

De plus, il existe t_r : le coût de transport d'une unité de produit entre la région r et le bassin de consommation. Ce coût est supposé être supporté par les transformateurs.

1.2 Les agents

1.2.1 La demande.

Soit la fonction de demande inverse au niveau national :

$$p = a - bQ \quad (3.1)$$

Où $a > 0$ et supposé très grand, $b > 0$ (sensibilité des consommateurs au prix), p est le prix national des produits transformés et $Q (= q_1 + q_2)$ la consommation nationale des produits transformés.

1.2.2 Les transformateurs.

Il existe un transformateur par région. Ces transformateurs se font une concurrence en quantité lors de la mise en vente sur le marché. Cependant, il faut noter que chaque transformateur ne peut se fournir en input (les porcs) qu'au sein de sa propre région.

Soit la fonction de profit des transformateurs suivante :

$$\pi_r^S = (p - t_r)q_r - z_r H_r \quad \text{avec} \quad p > t_r \quad (3.2)$$

Où t_r est le coût de transport d'une unité de produit entre la *région* r et le marché, q_r la quantité offerte de produits transformés, H_r la quantité de porcs achetée par les transformateurs dans la *région* r et z_r le prix d'une unité de porc.

De plus soit la fonction de production suivante :

$$q_r = \xi H_r \quad (3.3)$$

Avec $\xi = 1$ (nous supposons qu'il n'y a pas de différence de quantité entre le produit initial et le produit transformé).

1.2.3 Les producteurs de porcs.

Le but de notre modèle est d'étudier l'évolution du comportement des producteurs entre la situation de marché et celle où les producteurs se regroupent, et ce de manière exogène. Nous désirons vérifier que chaque agriculteur a un intérêt certain à coopérer que se soit une coopération technique et/ou commerciale.

Soit la fonction de production suivante, pour chaque producteur i :

$$h_{i,r} = \gamma \sqrt{x_{i,r}} \quad (3.4)$$

Avec le coefficient technique $\gamma = 1$: nous supposons qu'il n'existe pas de différence technologique, la différenciation technologique se fera uniquement grâce aux externalités possibles.

De plus, la production est dépendante de x_r , la demande d'inputs dans la région r .

La fonction de profit pour chaque producteur porcin i peut être écrite de la manière suivante, avec w_r le prix des inputs (aliments) pour chaque région:

$$\pi_{i,r}^P = (z_r - \tau |y_i|) h_{i,r} - w_r x_{i,r} \quad (3.5)$$

avec
$$z_r - \tau |y_i| > 0 \quad (3.6)$$

La condition d'existence pour que la fonction de profit soit positive ou nulle, implique que

$$n_r^{\max} = \frac{2z_r}{\tau}.$$

Ainsi, en résolvant $\partial \pi_{i,r}^P / \partial x_{i,r} = 0$, nous pouvons en déduire la demande d'input :

$$x_{i,r} = \frac{(z_r - \tau |y_i|)^2}{4w_r^2} \quad (3.7)$$

En incorporant (3.7) dans (3.4), nous obtenons une nouvelle équation de la fonction de production des producteurs:

$$h_{i,r} = \frac{(z_r - \tau|y_i|)}{2w_r} \quad (3.8)$$

Le producteur de porcs a le choix de s'intégrer à un regroupement ou non. Nous supposons que ce choix est le même pour les producteurs d'une même région. Ainsi, une région ne peut avoir n_i producteurs « isolés » et $(n_r - n_i)$ producteurs constituant un regroupement.

Nous considérerons la production globale d'une région comme la somme des productions individuelles de cette région :

$$H_r = \sum_{i=1}^{n_i} h_{i,r} \quad (3.9)$$

1.3 *Processus de décision.*

Nous allons supposer une compétition à la Cournot au niveau des transformateurs, avec un monopsonne : chaque transformateur ne peut se fournir en input que dans sa propre région.

Nous allons considérer les cas suivants :

- Tout d'abord, nous établirons un modèle de référence où les producteurs porcins se font concurrence entre eux dans chaque région ;
- Ensuite, nous supposons qu'il existe des débordements techniques pour les producteurs de porcs de la *région 1* et pas dans la *région 2* où les décisions sont prises de la même manière que dans le modèle de référence ;
- Enfin, nous admettrons l'existence d'une politique environnementale dans la *région 1*. Les agriculteurs subissent alors des coûts environnementaux (en fonction de la production de la région) liés à cette politique, tandis que la *région 2* n'en subit pas.

Pour chaque cas, l'information est considérée comme parfaite : les agents connaissent l'ensemble des paramètres économiques.

Dans cette première optique, le leader est le transformateur (*leadership en quantité*) au sein de sa propre région (marché fragmenté) et les producteurs porcins sont considérés comme suiveurs de leur transformateur.

De façon théorique, le raisonnement est le suivant et ce pour chaque région :

- Le transformateur fixe sa quantité produite q_r sachant la relation qui lie le prix du porc z_r à ce dernier : le transformateur anticipe alors le prix de sa matière première ;
- Ensuite, les producteurs porcins fixent leur production individuelle h_r à prix du porc donné.

Pour résoudre cette méthode en deux étapes, la résolution se fait à rebours :

- Ainsi, dans un premier temps, les producteurs de porcs fixent leur quantité h_r . Nous pouvons alors en déduire une fonction d'offre inverse en fonction de cette quantité ;
- Dans un second temps, les transformateurs maximisent leur profit (3.2) sachant (3.3) et la fonction d'offre inverse z_r .

Les producteurs profitant de débordements d'information ou subissant des coûts liés à la politique environnementale entrent dans le cadre d'une situation de marché : les externalités non pécuniaires n'entraînant pas de renversement des rôles sur le marché.

Dans le reste de ce chapitre, nous établirons des modèles suivant l'ordre chronologique de la restructuration du marché du secteur porcine en France. Le modèle de développement s'est effectué au dépend d'un modèle de marché simple et atomisé qui était le fondement du secteur porcine dans les années 60. Ainsi, le secteur s'est restructuré autour d'une coopération

technique. Enfin, une fois le modèle de développement mis en place, des contraintes dues aux réglementations environnementales sont apparues.

2. Le modèle de marché simple.

Comme nous l'avons spécifié précédemment, dans le cas d'un modèle de marché simple les preneurs de décision sont les transformateurs et les suiveurs les producteurs porcins.

2.1 La demande des transformateurs.

Sachant que l'offre globale des producteurs est la somme des offres individuelles, l'offre inverse de porcs nous permet de maximiser le profit d'un transformateur. Ainsi, à p donné la demande du transformateur est :

$$H_r = \frac{1}{16} \frac{n_r [4\bar{p} - 4t_r - \tau n_r]}{w_r} \quad (3.10)$$

Nous observons donc, *ceteris paribus* et à p donné, que les coûts de transports, ainsi que les prix des inputs (les aliments) ont un impact négatif sur la demande des transformateurs et donc sur la production porcine. Ainsi, si le prix des aliments augmente alors que le prix de vente final reste identique, la production globale de porcs ne peut être augmentée sans engranger de pertes. D'autre part, si le coût de transport supporté par le transformateur augmente, toujours à prix final fixé, cela va l'inciter à réduire son achat de porcs et donc réduire la production globale des agriculteurs.

En ce qui concerne le nombre d'agriculteurs par région, les effets sont moins directs. Ainsi :

$$\frac{\partial H_r}{\partial n_r} = \frac{(2\bar{p} - 2t_r - \tau n_r)}{8w_r} \quad (3.11)$$

Toutes choses égales par ailleurs, l'impact du nombre de producteurs sur la demande de porcs des transformateurs est positif si et seulement si :

$$n_r < 2(\bar{p} - t_r)/\tau$$

Sachant la condition (3.6) et la fonction de demande inverse²⁶, nous pouvons en déduire le

nombre maximum d'agriculteurs par région. :

$$z_r = \frac{8w_r H_r + \tau n_r^2}{4n_r}$$

Ainsi, le nombre maximum d'agriculteurs est :

$$n_r^{\max} = \frac{4(\bar{p} - t_r)}{\tau} \quad (3.12)$$

Il apparaît que le nombre maximum de producteurs porcins, à prix fixé (au niveau national) décroît avec les coûts de transports supportés par le transformateur (t_r) et ceux supportés par les agriculteurs (τ) : plus ces coûts de transport augmentent moins le nombre d'agriculteurs est important. En effet, le nombre d'agriculteurs est négativement influencé par les coûts de transport.

Lorsque les transformateurs ont le pouvoir de marché: l'effet du nombre de producteurs sur la demande des transformateurs se fait par l'anticipation des transformateurs sur le prix z_r de leur input (les porcs) et donc la production.

2.2 L'offre des transformateurs.

La décision des transformateurs est représentée par l'influence de n_r sur le coût marginal²⁷ : or, la courbe de coût marginal diminue²⁸ avec n_r .

Sachant, l'offre de demande inverse $z_r = (4\bar{p} - 4t_1 + \tau n_1)/8$, la décision d'un transformateur,

à p donné, peut donc se représenter de la manière suivante :

²⁶ D'après l'équation (3.9), la fonction de demande inverse est $z_r = 8w_r H_r + \tau n_r^2 / 4n_r$.

²⁷ Cela est vrai car la recette marginale, quand p est exogène, n'est pas influencée par le nombre de producteurs de la région.

²⁸ Plus simplement, comme $\partial H_r / \partial n_r > 0$ alors $\partial C_m / \partial n_r < 0$.

Figure 3.3. Maximisation du profit.

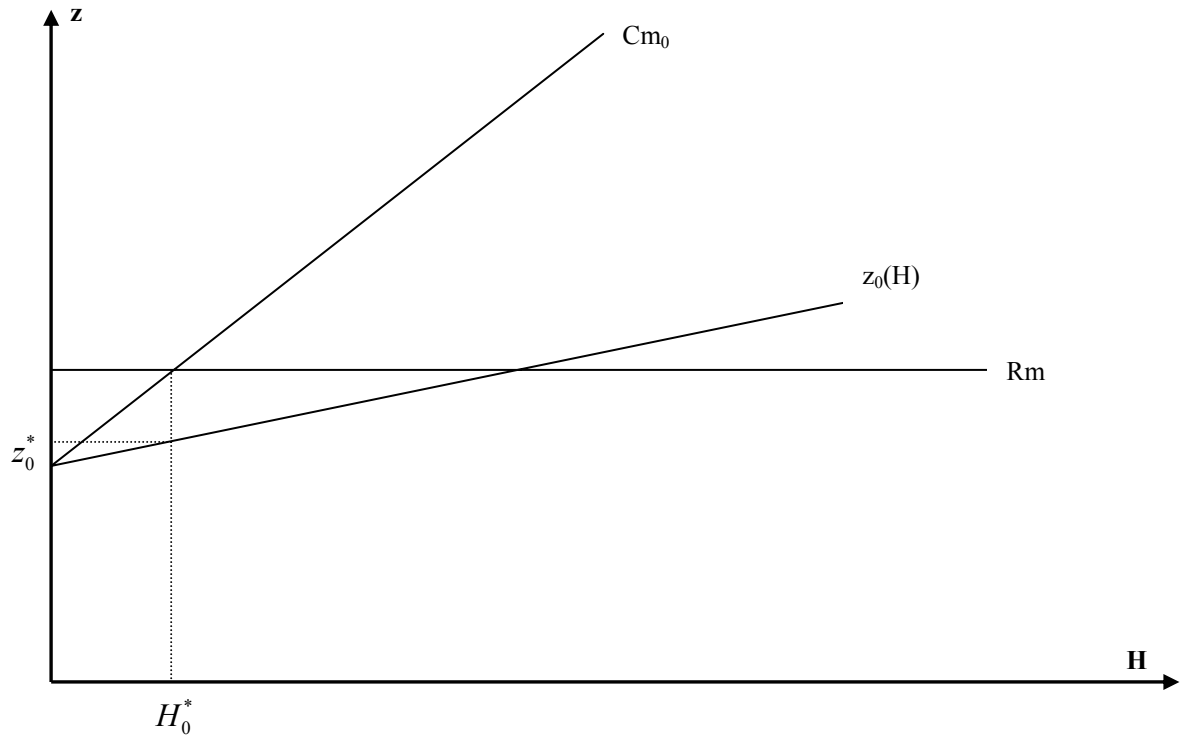
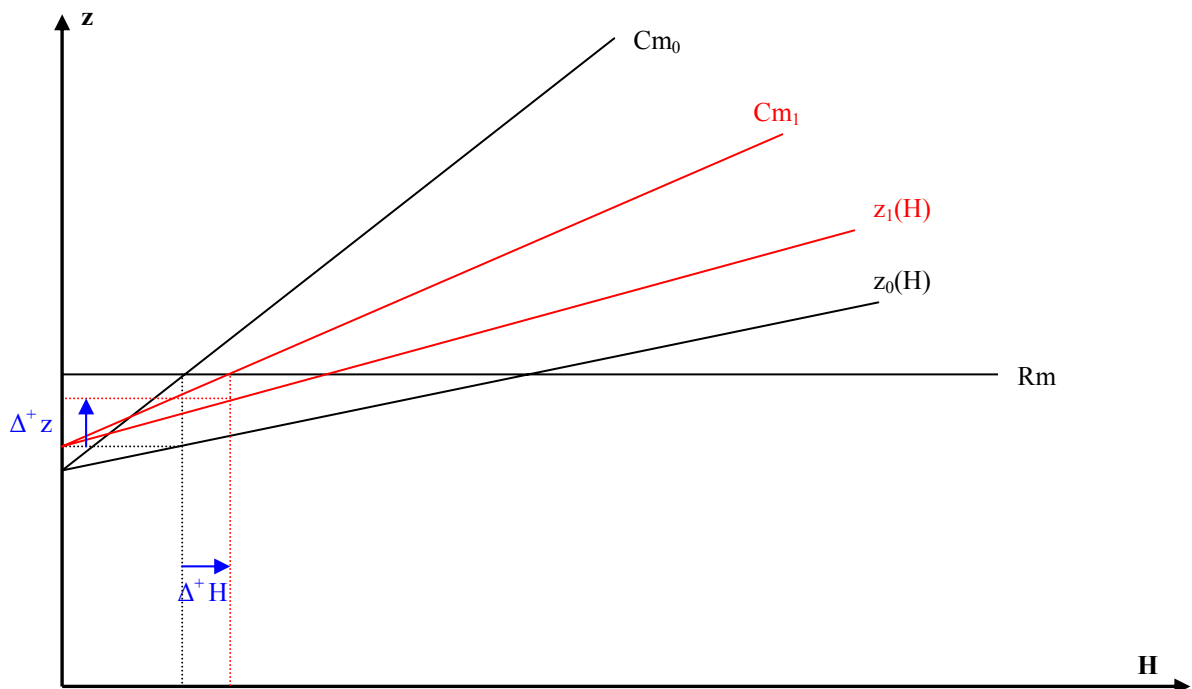


Figure 3.4. Maximisation du profit si le nombre d'agriculteurs augmente.



Ainsi, pour p donné, et en situation d'équilibre, nous observons que l'impact du nombre de producteurs sur le coût marginal est négatif. Il existe deux effets contraires : l'effet « prix » qui diminue les coûts et l'effet « coûts de transport » qui les augmentent. Nous sommes donc dans une situation où l'effet « prix » dépasse toujours l'effet « coûts de transports » : ainsi, plus le nombre de producteurs augmente (et donc l'offre) plus le prix des inputs (porcs) diminue, et cela de telle manière que les transformateurs compensent leurs coûts de transport.

Sachant les transformateurs en situation de monopsonne, le raisonnement à p endogène montre que le nombre de producteurs n'influence que les coûts, et sachant l'influence de n sur le coût marginal, nous observons que la courbe de coût marginal augmente donc avec n_r . Ainsi, plus les producteurs sont nombreux, plus les transformateurs anticipent que le prix de leur input sera élevé (dans la mesure où les producteurs vont répercuter leurs propres coûts de transport sur le prix de vente du porc).

Pour p endogène, le niveau d'output du transformateur à l'équilibre est obtenu grâce au système des fonctions de réaction:

$$q_r^N = \frac{1}{12b} [4a - 4(2t_r - t_s) - \tau(2n_r - n_s)] \quad (3.13)$$

Nous observons, *ceteris paribus*, que les coûts de transports supportés par le transformateur de la *région r* (*région s*) ont un impact négatif sur l'output du transformateur de la *région r* (*région s*). De manière moins intuitive, les coûts de transports des outputs, entre le transformateur et le bassin de consommation, de la *région s* (*région r*) ont quant à eux un effet positif sur la production du transformateur de la *région r* (*région s*). Ainsi, l'équilibre se faisant sur le marché final, les transformateurs ont l'information nécessaire sur les coûts de transport de leur concurrent, leur production va alors s'ajuster pour obtenir une offre finale d'équilibre. Par exemple, anticipant que son concurrent de la *région s* un coût de transport plus important (et donc que cela va entraîner une offre plus faible de la part de la *région s*) le

transformateur de la *région r* va augmenter sa propre offre afin de satisfaire la demande finale.

En ce qui concerne le nombre d'agriculteurs par région, nous observons un impact négatif (positif quand c'est le nombre de producteurs de la région concurrente qui augmente), et ce d'autant plus que le coût de collecte est important.

Plus le nombre d'agriculteurs dans une région est élevée, plus les distances entre amont et aval peuvent être importantes : les transformateurs doivent alors faire face à un coût de collecte de plus en plus élevé qui réduit leur production de manière croissante.

Connaissant le caractère substituable des productions régionales, si l'augmentation du nombre de producteurs se produit dans la région concurrente *s*, cela provoque une progression de la production des porcs transformés dans la *région r*.

De plus, sachant la relation (3.12) et $q_r = H_r$, nous pouvons déduire l'écart de production et l'écart de productivité entre les régions, soit :

$$H_r^N - H_s^N = \frac{1}{4b} [4(t_s - t_r) + \tau(n_s - n_r)] \quad (3.14)$$

$$\frac{H_r^N}{n_r} - \frac{H_s^N}{n_s} = \frac{1}{12bn_r n_s} [4a(n_s - n_r) - 4[t_r(n_r + 2n_s) - t_s(2n_r + n_s)] - \tau(n_r^2 - n_s^2)] \quad (3.15)$$

Ainsi, l'écart de production des agriculteurs nous permet observer que plus le coût de transport de la *région r* est élevé, moins l'offre des agriculteurs est concentrée dans cette même région. A l'inverse, si les coûts de transport sont plus élevés dans la région concurrente, la concentration augmente également.

De plus, si le nombre d'agriculteurs de la *région r* augmente, cela provoque une diminution de la production des agriculteurs de la même région, alors qu'un accroissement du nombre de producteurs de la *région s* permet une production plus importante dans la région concurrente. Cela se vérifie d'autant plus que le coût de collecte τ est élevé.

Enfin, plus le coefficient de sensibilité des consommateurs b^{29} est important, plus cela a un impact négatif. **Plus les consommateurs sont sensibles aux prix, plus la production devra être concentrée dans la région ayant une bonne accessibilité (soit les coûts de transport et le nombre de producteurs faibles).**

L'écart de productivité montre que toutes choses égales par ailleurs, plus le nombre d'agriculteurs de la *région r* (*région s*) augmente, plus la productivité diminue (augmente) dans cette même région.

2.3 Le profit des agriculteurs.

L'équation (3.13) nous permet également de déduire le prix de marché d'équilibre et ainsi l'offre inverse d'équilibre :

$$z_r^N = \frac{4a - 4(2t_r - t_s) + \tau(4n_r + n_s)}{24} \quad (3.16)$$

L'offre inverse subit un impact positif du coût de collecte réglé par les producteurs : plus les coûts augmentent, moins les agriculteurs vont produire et donc le prix de la marchandise va augmenter. Ainsi, si dans la *région r* le nombre de producteurs augmente, les coûts de collecte seront d'autant plus importants et donc, le transformateur de la *région r* anticipe donc une augmentation du prix de son input.

Le niveau du nombre de producteurs (de n'importe quelle région) a également un impact positif. En effet, comme nous l'avons vu auparavant, l'équation (3.15) nous montre que la productivité est affectée par le nombre d'agriculteurs. Le transformateur va donc anticiper la réaction du producteur de la manière suivante : la productivité diminuant avec le nombre d'agriculteurs (quelle que soit la région), *ceteris paribus*, les coûts vont sembler plus

²⁹ Plus le coefficient de sensibilité des consommateurs est important est élevé, moins les consommateurs sont sensibles aux variations de prix.

importants à l'agriculteur, qui va donc réduire sa production ce qui provoquera une augmentation du prix.

La substituabilité sur le marché des biens finaux induit une augmentation de l'offre de la région r et une augmentation de l'offre inverse de la région r .

Les coûts de transport ont quant à eux un impact négatif lorsqu'ils se rapportent à la même région et positifs quand ils sont relatifs à la région concurrente. En effet, si le coût de transport dans la région r augmente, la production globale des agriculteurs diminue et sachant la relation positive qui lie la production globale et le prix du porc, ceci implique que la fonction d'offre inverse diminue avec les coûts de transport relatifs à la région. De plus, si les coûts de transport dans la région s augmentent la production globale des agriculteurs diminue et donc l'offre de la région s sur le marché final. Le transformateur de la région r anticipe alors une augmentation de la production dans sa région et donc une augmentation du prix du porc. Etant les *price-makers*, les transformateurs anticipent l'effet des coûts de transport qu'ils subissent sur le prix de leur input.

Cette offre inverse nous permet de calculer la production individuelle de chaque producteur de la région r :

$$h_{i,r}^N = \frac{4a - 4(2t_r - t_s) + \tau(4n_r + n_s) - 24\tau|y_i|}{48w_r} \quad (3.17)$$

L'impact des coûts de transport sur le niveau d'output des transformateurs reste cohérent avec la théorie économique, comme précédemment.

Le prix de l'input des producteurs (aliment) a un effet négatif sur leur production individuelle : l'impact du prix de l'input est négatif sur la production (intuitif).

Toutes choses égales par ailleurs, une augmentation du nombre de producteurs dans la région concurrente s est positive, et ce pour les mêmes raisons qu'évoquées pour l'offre inverse. Pour le nombre d'agriculteurs dans la même région, il nous faut raisonner pour le producteur

le plus éloigné de la *région* r : nous observons que l'influence du nombre de producteur est négative sur la production individuelle.

Le transformateur anticipant le prix de son input, il fixe son offre en conséquence des paramètres. Or, plus le nombre d'agriculteurs est élevé, plus l'offre inverse est élevée. Ainsi le transformateur va réduire son niveau d'output.

Les producteurs décident de leur production sachant l'offre inverse endogène, la production individuelle est donc décroissante quand le nombre de producteurs croît.

Le profit des agriculteurs est tel que $\pi_{i,r}^P = (z_r - \tau |y_i|)h_{i,r} - w_r x_{i,r}$. Ainsi à l'équilibre :

$$\pi_{i,r}^P = \frac{(4a - 4(2t_r - t_s) + \tau(4n_r + n_s) - 24\tau |y_i|)^2}{2304w_r} \quad (3.18)$$

Ceteris paribus, l'impact de la localisation du producteur sur son profit est négatif : plus il est éloigné, plus son profit diminue.

Sachant le profit individuel localisé le plus loin, nous pouvons observer que le profit d'un agriculteur de la *région* r est d'autant plus faible que le nombre de producteurs dans cette même région est important : le coût de collecte est en effet d'autant plus important.

Notons qu'à l'équilibre, le nombre de production de la *région* r est de la forme :

$$n_r^{\text{équilibre}} = \frac{4a - 4(2t_r - t_s) + \tau n_s}{8\tau} (< n_r^{\text{max}}) \quad (3.19)$$

2.4 *Le nombre d'agriculteurs endogénéisé.*

En utilisant le système du nombre d'agriculteurs d'équilibre par région (3.19), nous pouvons en déduire la forme du nombre d'agriculteurs d'équilibre endogénéisé :

$$n_r^{endogène} = \frac{4[3a - 5t_r + 2t_s]}{21\tau} \quad (3.20)$$

Le nombre d'agriculteurs est dépendant des coûts de collecte du producteur mais également des coûts de transports supportés par les transformateurs. Ainsi, plus le coût de collecte est important, plus l'agriculteur a intérêt à ne pas être éloigné du transformateur : pour cela sachant la structure spatiale du modèle, moins il faut de producteurs. D'autre part, plus le coût de transport supporté par le transformateur est important, plus le transformateur fixe une quantité d'output transformé bas, et donc la production globale des agricultures est moins importante dans la région ce qui entraîne une diminution du nombre de producteurs.

De plus en incorporant ce nombre endogénéisé dans l'équation de l'offre du transformateur d'équilibre (3.13), nous obtenons la production finale de la *région r* suivante :

$$q_r^N = \frac{2}{21b}(3a - 5t_r + 2t_s) \quad (3.21)$$

Il apparaît donc que la production du transformateur est influencée négativement par le coût de transport de la région où il exerce, ainsi que par la sensibilité des consommateurs au prix. En effet, plus le consommateur est sensible au prix final plus la production nationale des produits transformés est faible (équation (3.1)) et donc la production finale de chaque région également. Cependant, notons que la production augmente avec les coûts de transport de la région concurrente, et ce par compensation sur le marché final (toute chose égale par ailleurs)

Notons qu'avec le nombre d'agriculteurs endogène, l'écart de production apparaît comme dépendant uniquement des coûts de transport et de la sensibilité des consommateurs au prix :

$$H_r^N - H_s^N = \frac{2}{3b}(t_s - t_r) \quad (3.22)$$

Ainsi, plus les coûts de transport de la *région* r est important plus cela diminue la production globale (et également la production du transformateur de cette même région) tandis que l'augmentation des coûts de transport de la région concurrente a l'effet inverse. De plus, toutes choses égales par ailleurs, plus la sensibilité des consommateurs au prix est importante plus cela diminue la production.

De plus, la productivité globale des agriculteurs est de la forme :

$$\frac{H_r^N}{n_r} = \frac{\tau}{2b} \quad (3.23)$$

Il n'existe donc pas d'écart de productivité entre les régions, étant donné que nous nous trouvons dans un cas de symétrie. Cependant notons que la productivité n'est influencée que par deux paramètres : le coût de collecte de la production agricole de porc τ (ayant une influence négative sur le nombre de producteurs, à niveau de production égale cela entraîne une augmentation de la productivité de chaque agriculteur) et de la sensibilité des consommateurs au prix.

Tandis que la production individuelle d'équilibre (3.17) en considérant le nombre d'agriculteurs comme endogène est de la forme :

$$h_{i,r}^N = \frac{3a - 5t_r + 2t_s}{21w_r} - \frac{\tau |y_i|}{2w_r} \quad (3.24)$$

Comme précédemment, la production individuelle de l'agriculteur est influencée négativement par le coût de transport de la région dans lequel il se trouve mais positivement par celui de la région concurrente. De plus, le prix de l'input payé par l'agriculteur a un impact négatif sur sa production (intuitif).

Notons que selon le second terme de cette égalité, plus l'agriculteur est éloigné du transformateur, moins il produit (d'autant plus que le coût de collecte est important).

Enfin, lorsque le nombre d'agriculteurs est endogénéisé, le profit de l'agriculteur i de la région r devient:

$$\pi_{i,r}^N = \frac{[2(3a - 5t_r + 2t_s) - 21\tau|y_i|]^2}{1764w_r} \quad (3.25)$$

Le profit de l'agriculteur se révèle donc moins important plus la localisation est éloignée du transformateur.

3. Le modèle de marché avec coopération technique dans la région 1.

Comme nous l'avons spécifié précédemment, dans ce cas les preneurs de décision sont les transformateurs et les suiveurs les producteurs porcins. Ce modèle diffère du précédent car il prend en compte les externalités d'agglomération pour la région 1. Ces externalités se définissent par des effets de débordements (d'information par exemple) et non par une coopération explicite (c'est-à-dire avec coûts d'entrée dans une coopérative technique ou une maximisation de profit joint). Nous supposons l'existence d'effets de débordement dans une seule région : la région 1 a une culture qui amène à la communication d'information tandis que la région 2 est supposée composée d'agents isolationnistes (absence de relations entre producteurs).

Rappelons comme évoqué dans le premier chapitre que les externalités techniques sont en fait une diffusion du savoir (et de la technologie associée) à travers entre autres la mobilité du capital humain ou la circulation de l'information (brevets, publications).

Ainsi, la fonction de production pour chaque producteur i de la *région 1* devient:

$$h_{1,i} = \sqrt{x_{1,i}} + A_i \quad (3.26)$$

Où x_r est la demande d'intrants dans la *région r* et A_i représente la coopération technique.

Nous supposons l'existence d'externalités d'informations entre deux agents, localisés en i et en j :

$$a_{ij} = \rho - \varepsilon |y_i - y_j| \quad (3.27)$$

L'agent j va ainsi contribuer à la production de l'agent i et à un même coefficient d'information près ρ . Cependant, ces externalités sont d'autant moins fortes que l'agent j est éloigné de l'agent i (la perte d'information relative à la distance est ε supposé petit).

Les externalités techniques sont considérées pour l'ensemble des agents présents dans la *région 1*. Ainsi, chaque individu voit sa production bénéficier des débordements d'informations de la part de l'ensemble des autres agents présents dans la région. Le bénéfice de la coopération technologique est alors le suivant :

$$A_i = \int_{j=1}^{n_1} a_{ij} = \rho(n_1 - 1) - \varepsilon \left[|y_i|^2 + y_{\max}^2 \right] \quad (3.28)$$

avec A_i positif ou nul.

Nous obtenons une nouvelle équation de la fonction de production des producteurs de la *région 1* sachant l'équation (3.28):

$$h_{1,i} = \frac{(z_1 - \tau |y_i|)}{2w_1} + \rho(n_1 - 1) - \varepsilon \left[|y_i|^2 + \left(\frac{n_1}{2}\right)^2 \right] \quad (3.29)$$

sachant la condition d'existence (3.6) : $z_r - \tau |y_i| > 0$

Rappelons que l'équation de la fonction de production de la *région 2* est de la forme suivante :

$$h_{2,i} = \frac{(z_2 - \tau|y_i|)}{2w_2} \quad (3.30)$$

3.1 Les effets sur la demande du transformateur de la région 1.

La demande du transformateur de la *région 2* reste identique à celle de la situation de marché simple (cf. équation (3.10)).

Sachant que l'offre globale des producteurs est la somme des offres individuelles, soit l'offre inverse de porcs de la *région 1* :

$$z_1 = \frac{2w_1}{n_1} H_1 + \frac{\tau n_1}{4} - 2\rho w_1 (n_1 - 1) + \varepsilon w_1 n_1^2 \quad (3.31)$$

De ce fait à p donné, en maximisant le profit du transformateur de la *région 1*, nous obtenons la demande du transformateur de la *région 1* :

$$H_1 = \frac{n_1(4\bar{p} - 4t_1 - \tau n_1)}{16w_1} + \frac{\rho n_1(n_1 - 1)}{2} - \frac{\varepsilon n_1^3}{4} \quad (3.32)$$

Nous observons donc, *ceteris paribus* et à p donné, que les coûts de transports, ainsi que les prix des inputs (les aliments) ont un impact négatif sur la demande des transformateurs et donc sur la production porcine, comme dans le modèle précédent.

En présence de coopération technique des agriculteurs, le transformateur voit sa demande augmenter par rapport à celle d'un transformateur ne faisant pas face à ce genre de coopération (sachant $A_i \geq 0$). Cette augmentation due aux externalités d'information est d'autant plus forte que le nombre de producteurs est important.

En ce qui concerne le nombre d'agriculteurs de la *région 1*, les effets sont moins directs :

$$\frac{\partial H_1}{\partial n_1} = \frac{(2\bar{p} - 2t_1 - \tau n_1)}{8w_1} + \frac{\rho(2n_1 - 1)}{2} - \frac{3\varepsilon n_1^2}{4} \quad (3.33)$$

Rappelons le nombre maximum d'agriculteurs dans le modèle de référence : $n_1^{\max} = 4(\bar{p} - t_1)/\tau$. Ainsi nous observons qu'en l'absence de débordements d'information soit $\rho = \varepsilon = 0$, ce nombre maximal reste vrai. De plus, le bénéfice individuel de la coopération commerciale est positif ou nul, et ce quelle que soit la localisation du producteur. Ainsi nous pouvons conclure d'après l'équation (3.28) :

$$\rho(n_1 - 1) - \varepsilon \left[\frac{2n_1^2}{4} \right] \leq A_i \leq \rho(n_1 - 1) - \varepsilon \left[\frac{n_1^2}{4} \right]$$

Le membre de gauche représentant les bénéfices d'interactions de l'individu le plus éloigné et le membre de droite le bénéfice de l'individu au centre de notre espace linéaire. Nous observons donc d'après le bénéfice de l'agriculteur le plus éloigné que $\rho > 2\varepsilon$.

Nous en déduisons que la production globale des agriculteurs à prix fixé (3.32) est donc influencée positivement par les interactions technologiques et ce quelque soit le nombre d'agriculteurs.

De plus, toutes choses égales par ailleurs, l'impact du nombre de producteurs sur la demande de porcs des transformateurs est positif si et seulement si :

$$n_1 \leq \frac{(4\rho w_1 - \tau) + \sqrt{(4\rho w_1 - \tau)^2 + 48\varepsilon w_1 (\bar{p} - t_1 - 2\rho w_1)}}{12\varepsilon w_1}$$

Nous observons qu'il existe un seuil au-delà duquel les débordements d'information affectent négativement la production. En effet, plus il y a de producteurs, plus les débordements d'information permettent d'augmenter la production. Cependant, ces débordements sont d'autant moins forts que la distance entre les agriculteurs est forte. Or, plus il y a d'agriculteurs, plus la distance augmente les coûts de collecte. Ainsi nous en déduisons que

l'effet positif des débordements d'information ne contrecarre plus l'effet négatif des coûts de collecte pour les agriculteurs.

Lorsqu'il existe des effets de débordements, nous observons donc que le nombre maximum d'agriculteurs permettant une production globale positive est donc inférieur à celui du modèle de marché de référence : $n_1^{\max} = 4(\bar{p} - t_1)/\tau$.

Ainsi, l'influence du nombre d'agriculteurs dans le modèle avec débordement d'information est positive si et seulement si :

$$n_1^{\max} = \frac{(8\rho w_1 - \tau) + \sqrt{(8\rho w_1 - \tau)^2 + 64\varepsilon w_1 (\bar{p} - t_1 - 2\rho w_1)}}{8\varepsilon w_1} \quad (3.34)$$

Afin de représenter la décision du transformateur de la *région 1*, cherchons l'influence de n_1 sur le coût marginal, puisque la recette marginale, quand p est exogène, n'est pas influencée par le nombre de producteurs de la région.

Pour constater quel est l'impact d'une coopération technique des producteurs sur le coût marginal du transformateur dans la *région 1* (nous l'appellerons $(\partial C_m / \partial n_1)^t$), nous comparons cette dernière équation à celle trouvée dans le cas de marché sans coopération (nous l'appellerons $(\partial C_m / \partial n_1)^s$) :

$$\left(\frac{\partial C_m}{\partial n_1}\right)^t - \left(\frac{\partial C_m}{\partial n_1}\right)^s = \frac{n_1(\varepsilon n_1^2 - 2\rho(n_1 - 1))(2w_1(2\rho(n_1 - 1) - \varepsilon n_1^2) - \tau n_1)}{16} < 0 \quad (3.35)$$

Il existe une diminution des coûts marginaux du transformateur de la *région 1* grâce à la coopération technique des agriculteurs de sa zone : le transformateur sachant l'existence de débordement des connaissances anticipe le prix du porc (z_1) et sa relation avec les externalités techniques.

3.2 Les effets sur l'offre des transformateurs.

Raisonnons à p endogène, sachant que les relations entre la demande du transformateur et l'offre des producteurs (3.3) et l'équation de profit du transformateur (3.2).

Chaque transformateur est en situation de monopsonie et sachant la relation (3.1), nous obtenons les offres inverses fonctions des quantités produites dans chaque région.

Pour p endogène, le niveau d'output du transformateur à l'équilibre est obtenu grâce au système des fonctions de réaction:

$$\begin{cases} q_1^N = \frac{4a - 4(2t_1 - t_2) - \tau(2n_1 - n_2)}{12b} + \frac{4\rho w_1(n_1 - 1)}{3b} - \frac{2\varepsilon w_1 n_1^2}{3b} \\ q_2^N = \frac{4a - 4(2t_2 - t_1) - \tau(2n_2 - n_1)}{12b} - \frac{2\rho w_1(n_1 - 1)}{3b} + \frac{\varepsilon w_1 n_1^2}{3b} \end{cases} \quad (3.36)$$

Nous observons, *ceteris paribus*, que les coûts de transports de la *région 1* (*région 2*) ont un impact négatif sur l'output du transformateur de la *région 1* (*région 2*).

Les externalités d'information ont quant à elles un impact négatif sur le niveau d'output du transformateur de la *région 2* mais positif sur la quantité de produits transformés dans la *région 1*.

Le transformateur de la *région 1* diminue ses coûts marginaux grâce à la coopération technique des producteurs de sa région : il augmente sa quantité produite et du fait via le marché final, c'est le transformateur de la *région 2* qui diminue sa production.

Grâce aux fonctions de réactions (système (3.36)), calculons l'écart de production entre les productions globales de chaque région :

$$H_1^N - H_2^N = \frac{4(t_2 - t_1) + \tau(n_2 - n_1)}{4b} + \frac{2\rho w_1(n_1 - 1)}{b} - \frac{\varepsilon w_1 n_1^2}{b} \quad (3.37)$$

L'introduction d'une coopérative technique dans la région 1 implique une augmentation de la concentration de la production du transformateur dans la région 1. Cela se vérifie d'autant plus que le coefficient d'agglomération est fort (ρ).

De plus, l'écart de productivité est :

$$\frac{H_1^N}{n_1} - \frac{H_2^N}{n_2} = \left(\frac{H_1^N}{n_1} - \frac{H_2^N}{n_2} \right)^{référence} + \frac{2\rho w_1(n_1 - 1)}{bn_1} - \frac{\varepsilon w_1 n_1^2}{bn_1} \quad (3.38)$$

Nous observons ainsi que les débordements d'information entraînent une augmentation de la productivité dans la région 1 par rapport au modèle de référence. Les externalités techniques permettent une meilleure productivité des agriculteurs, l'information gagnée permettant par exemple leur efficacité.

3.3 Les effets sur le profit des agriculteurs.

Les fonctions de réactions (système (3.36)) nous permettent également de déduire le prix de marché d'équilibre et ainsi l'offre inverse d'équilibre :

$$\begin{cases} z_1^N = \frac{4a - 4(2t_1 - t_2) + \tau(4n_1 + n_2)}{24} - \frac{4\rho w_1(n_1 - 1)}{3} + \frac{2\varepsilon w_1 n_1^2}{3} \\ z_1^N = \frac{4a - 4(2t_2 - t_1) + \tau(4n_2 + n_1)}{24} - \frac{\rho w_1(n_1 - 1)}{3} + \frac{\varepsilon w_1 n_1^2}{3} \end{cases} \quad (3.39)$$

Le prix du porc subit un impact négatif à cause des externalités d'information de la coopérative technique de la région 1, cet effet négatif est plus important dans la région où la coopération technique se trouve. **Les effets de débordements permettent une hausse de la production dans la région 1 et donc une baisse du prix du porc.**

D'après le système (3.36), les externalités techniques permet une augmentation de la quantité totale offerte sur le marché finale : $\Delta^+ = [2\rho w_1(n_1 - 1) - \varepsilon w_1 n_1^2]/3b$. **De ce fait, le prix sur le marché final augmente, et donc d'après la fonction de demande inverse de la région 2,**

nous observons une diminution du prix du porc dans la *région 2* (mais moindre par rapport à celle observée dans la *région 1*).

Cette offre inverse nous permet de calculer la production individuelle de chaque producteur de la *région r* :

$$\begin{cases} h_1^N = \frac{4a - 4(2t_1 - t_2) + \tau(4n_1 + n_2)}{48w_1} + \frac{\rho(n_1 - 1)}{3} + \frac{\varepsilon(n_1^2 - 12|y_i|^2)}{12} - \frac{\tau|y_i|}{2w_1} \\ h_2^N = \frac{4a - 4(2t_2 - t_1) + \tau(4n_2 + n_1)}{48w_2} - \frac{8\rho w_1(n_1 - 1)}{48w_2} + \frac{\varepsilon w_1 n_1^2}{12w_2} - \frac{\tau|y_i|}{2w_2} \end{cases} \quad (3.40)$$

Les producteurs en coopération technique produisent plus que ceux qui ne le sont pas.

Nous observons que les débordements techniques dans la *région 1* affectent négativement la production individuelle de leurs concurrents.

A l'équilibre, le profit des agriculteurs est :

$$\begin{cases} \pi_1^N = \frac{(C - 32\rho w_1(n_1 - 1) + 16\varepsilon w_1 n_1^2)(C + 64\rho w_1(n_1 - 1) - 8\varepsilon w_1(n_1^2 + 12|y_i|^2))}{2304w_1} \\ \pi_2^N = \frac{(4a - 4(2t_2 - t_1) + \tau(4n_2 + n_1) - 8\rho w_1(n_1 - 1) + 4\varepsilon w_1 n_1^2 - 24\tau|y_i|)^2}{2304w_2} \end{cases} \quad (3.41)$$

avec $C = 4a - 4(2t_1 - t_2) + \tau(4n_1 + n_2) - 24\tau|y_i|$

Les externalités d'information ont un impact positif sur la production individuelle mais également un effet négatif sur l'offre inverse. Ces deux effets contraires influent sur le profit individuel de l'agriculteur de la *région 1*. Nous observons dans l'expression de ce profit que l'effet dû au prix (première parenthèse) est inférieur à l'effet sur la production individuelle (seconde parenthèse) : il en résulte donc que les débordements d'information augmentent le profit individuel de l'agriculteur de la *région 1*.

Par contre ces effets de débordement ont une répercussion négative sur le profit individuel de l'agriculteur de la région qui n'en possède pas. En effet, l'effet des débordements

d'information de la *région 1* est à la fois négative sur l'offre inverse et la production individuelle.

Notons qu'à l'équilibre, le nombre de producteur est de la forme :

$$\left\{ \begin{array}{l} n_1^{\text{équilibre}} = \frac{(8\rho w_1 - \tau) + \sqrt{R + 2\varepsilon w_1 n_2}}{8\varepsilon w_1} (< n_1^{\text{max}}) \\ n_2^{\text{équilibre}} = \frac{a - 2t_2 + t_1 + 2\rho w_1}{2\tau} - \frac{(8\rho w_1 - \tau)n_1}{8\tau} + \frac{\varepsilon w_1 n_1^2}{2\tau} (< n_2^{\text{max}}) \end{array} \right. \quad (3.42)$$

avec $R = 64\rho^2 w_1^2 - \tau(16\rho w_1 - \tau) + \varepsilon w_1(8a + 8t_2 - 16t_1 + -128\rho w_1)$

3.4 Le nombre d'agriculteurs endogénéisé.

Dans la suite de ce modèle de marché avec coopérative technique, nous supposons le bénéfice dû aux débordements d'information indépendant de la distance, soit $\varepsilon = 0$. Les impacts auront le même sens, seul l'intensité peut être modifiée quand la distance a un impact sur les externalités techniques. L'intérêt étant de simplifier le modèle pour approcher au mieux les mécanismes. L'hypothèse change alors tout de même : au lieu de diminuer avec la distance, les débordements d'informations sont uniformes, les producteurs ont donc tous les mêmes avantages à coopérer techniquement.

Ainsi, pour $\varepsilon = 0$, les profits des agriculteurs (3.41) deviennent :

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi_1^N = \frac{(C - 32\rho w_1(n_1 - 1))(C + 64\rho w_1(n_1 - 1))}{2304w_1} \\ \pi_2^N = \frac{(4a - 4(2t_2 - t_1) + \tau(4n_2 + n_1) - 8\rho w_1(n_1 - 1) - 24\tau|y_i|)^2}{2304w_2} \end{array} \right. \quad (3.43)$$

avec $C = 4a - 4(2t_1 - t_2) + \tau(4n_1 + n_2) - 24\tau|y_i|$

Notons qu'à l'équilibre, le nombre de producteurs devient alors :

$$\begin{cases} n_1^{\text{équilibre}} = \frac{a - 2t_1 + t_2 + 4\rho w_1}{(4\rho w_1 + \tau)} + \frac{\tau n_2}{8(4\rho w_1 + \tau)} \\ n_2^{\text{équilibre}} = \frac{a - 2t_2 + t_1 + 2\rho w_1}{2\tau} - \frac{(8\rho w_1 - \tau)n_1}{8\tau} \end{cases} \quad (3.44)$$

Nous pouvons ainsi en déduire la forme du nombre d'agriculteurs d'équilibre endogénéisé :

$$\begin{cases} n_1^{\text{endogène}} = \frac{4(3a - 5t_1 + 2t_2)}{88\rho w_1 + 21\tau} + \frac{88\rho w_1}{88\rho w_1 + 21\tau} \\ n_2^{\text{endogène}} = \frac{4(3a - 5t_2 + 2t_1)}{(88\rho w_1 + 21\tau)} + \frac{32\rho w_1}{(88\rho w_1 + 21\tau)} + \frac{32(a - 3t_2 + 2t_1)\rho w_1}{\tau(88\rho w_1 + 21\tau)} \end{cases} \quad (3.45)$$

Le nombre d'agriculteurs est, comme dans le cas de référence, dépendant des coûts de collecte du producteur mais également des coûts de transports supportés par les transformateurs.

De plus, les effets de débordement influent positivement sur le nombre d'agriculteurs de la *région 1*.

En ce qui concerne les effets sur le nombre d'agriculteurs de la *région 2*, soit :

$$\frac{\partial n_2^{\text{endogène}}}{\partial \rho} = -\frac{32w_1 [4(3a - 2t_2 + 5t_1) - 21\tau]}{(88\rho w_1 + 21\tau)^2} \quad (3.46)$$

or comme a est supposé très grand, **l'impact des externalités techniques sur le nombre d'agriculteurs de la région concurrente est négatif.**

En incorporant le nombre d'agriculteurs endogénéisé dans le système (3.36), nous obtenons les productions finales suivantes :

$$\begin{cases} q_1^N = \frac{2(3a - 5t_1 + 2t_2)\tau}{(88\rho w_1 + 21\tau)b} - \frac{40\rho w_1\tau}{(88\rho w_1 + 21\tau)b} + \frac{16(3a - 5t_1 + 2t_2)\rho w_1}{(88\rho w_1 + 21\tau)b} \\ q_2^N = \frac{2(3a - 5t_2 + 2t_1)\tau}{(88\rho w_1 + 21\tau)b} - \frac{16\rho w_1\tau}{(88\rho w_1 + 21\tau)b} + \frac{16(a - 3t_2 + 2t_1)\rho w_1}{(88\rho w_1 + 21\tau)b} \end{cases} \quad (3.47)$$

Il apparaît donc que la production du transformateur de la *région 1* est influencée positivement par les débordements d'information tandis que celle du transformateur de la *région 2* l'est négativement. Ces résultats sont identiques à ceux de l'équation (3.36).

Notons qu'avec le nombre d'agriculteurs endogène, l'écart de production apparaît comme positivement dépendant des effets de débordement :

$$H_1^N - H_2^N = \frac{8(4a - 14t_1 + 10t_2)\rho w_1}{(88\rho w_1 + 21\tau)b} + \frac{14(t_2 - t_1)\tau}{3(88\rho w_1 + 21\tau)b} - \frac{56\rho w_1\tau}{(88\rho w_1 + 21\tau)b} \quad (3.48)$$

Les débordements d'information qui existent dans la *région 1* rendent la production globale de cette région plus importante que celle où il n'y a pas d'externalités technologiques.

De plus, l'écart de productivité est de la forme :

$$\frac{H_1^N}{n_1} - \frac{H_2^N}{n_2} = \frac{(12a - 20t_1 + 8t_2)\rho w_1}{(3a - 5t_1 + 2t_2 + 22\rho w_1)b} - \frac{21\rho w_1\tau}{(3a - 5t_1 + 2t_2 + 22\rho w_1)b} \quad (3.49)$$

La productivité dans la *région 1* est plus importante dans la *région 1* que dans la *région 2* et ce grâce aux débordements d'information.

Tandis que la production individuelle d'équilibre est de la forme :

$$\begin{cases} h_{1,i}^N = \frac{8(3a - 5t_1 + 2t_2)\rho}{3(88\rho w_1 + 21\tau)} + \frac{(3a - 5t_1 + 2t_2)\tau}{(88\rho w_1 + 21\tau)w_1} + \frac{8\rho\tau}{(88\rho w_1 + 21\tau)} - \frac{\tau|y_i|}{2w_1} + B \\ h_{2,i}^N = \frac{8(a - 3t_2 + 2t_1)\rho w_1}{(88\rho w_1 + 21\tau)w_2} + \frac{(3a - 5t_2 + 2t_1)\tau}{(88\rho w_1 + 21\tau)w_2} + \frac{8\rho w_1\tau}{(88\rho w_1 + 21\tau)w_2} - \frac{\tau|y_i|}{2w_2} \end{cases} \quad (3.50)$$

$$\text{avec } B = f\left(\begin{matrix} + & - \\ \rho, \varepsilon \end{matrix}\right)$$

Les résultats restent les mêmes que ceux cités précédemment. Les débordements d'information ont un effet contraire selon la région : positif dans la *région 1* et négatif dans la *région 2*.

Notons que pour l'agriculteur le plus éloigné de la *région 1*, cet effet est également positif en effet dans ce cas :

$$h_{1,\max}^N = \frac{(12a - 20t_1 + 8t_2 - 21\tau)\rho}{(88\rho w_1 + 21\tau)} \quad (3.51)$$

Or le producteur le plus éloigné est celui qui profite le moins des effets de débordements du fait de sa distance, ainsi pour tous les agriculteurs i , les externalités d'information sont positives sur la production individuelle.

De plus, sachant les nombres d'agriculteurs endogènes, nous observons que :

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi_1^N}{\rho} > 0 \\ \frac{\partial \pi_2^N}{\rho} < 0 \end{cases} \quad (3.52)$$

Nous observons les mêmes effets évoqués pour la relation (3.41) : les externalités techniques influencent positivement le profit individuel de l'agriculteur de la *région 1* mais négativement ceux de la *région 2*.

4. Le modèle de marché avec externalités environnementales dans la *région 1*.

Ce modèle diffère du modèle de marché simple car il prend en compte les contraintes environnementales pour la *région 1*. Nous supposons que la réglementation environnementale ne s'applique que dans la *région 1* du fait de sa vulnérabilité environnementale. Cependant, comme nous l'avons spécifié précédemment, dans ce cas les preneurs de décision sont les transformateurs et les suiveurs les producteurs porcins.

La législation impose une limitation de l'épandage de lisier en tenant compte de la quantité d'azote par unité de terre. Supposons que chaque producteur de porc ne peut épandre qu'une quantité μ de lisier par unité de terre.

Lors de sa production, chaque agriculteur produit un output indésirable fonction de cette production. Considérons que chaque producteur i souhaite donc épandre θh_i quantité de lisier. Chaque unité de lisier est transportée à un coût de transport τ_m et le coût unitaire de gestion des déchets est noté κ .

Ainsi, chaque producteur doit supporter un coût de gestion g des déchets de la forme :

$$g = \kappa\mu M + \sum_{j=1, j \neq i}^{n_i} \tau_m \mu |y_i - y_j| \quad (3.53)$$

avec M le nombre de localisation qui devra contenir son lisier selon la législation, soit :

$$M = \frac{\theta h_{i,1}}{\mu} \quad (3.54)$$

Sachant que la distance maximale possible pour épandre son lisier est $M/2$, le coût de gestion de chaque agriculteur est alors :

$$g = \kappa\theta h_{i,1} + \tau_m \frac{\theta^2 h_{i,1}^2}{4\mu} \quad (3.55)$$

Nous obtenons alors la fonction de profit d'un producteur i de la *région 1* de la forme :

$$\pi_{1,i}^p = (z_r - \tau |y_i|) h_{1,i} - w_1 x_{1,i} - g \quad (3.56)$$

4.1 Les effets sur la demande du transformateur de la région 1.

La demande du transformateur de la *région 2* reste identique à celle de la situation de marché simple (cf. équation (3.10)).

A p donné, sachant l'offre inverse de porcs de la *région 1*, et en maximisant le profit du transformateur (2) de la *région 1*, nous obtenons la demande du transformateur de la *région 1* :

$$H_1 = \frac{\mu n_1 (4\bar{p} - 4t_1 - \tau n_1)}{4(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} - \frac{4\mu \theta \kappa n_1}{4(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} \quad (3.57)$$

Nous observons donc, *ceteris paribus* et à p donné, que les coûts de transports, ainsi que les prix des inputs (les aliments) ont un impact négatif sur la demande des transformateurs et donc sur la production porcine, comme dans le modèle précédent.

Notons que la sévérité de la politique environnementale (μ), le coût de transport du lisier (τ_m), le coût de gestion du lisier (κ) et la proportion de quantité de lisier que le producteur veut épandre (θ) ont un impact négatif sur la production globale³⁰. **L'impact d'une politique environnementale est donc négatif sur la production globale à p fixé.**

La condition d'existence de la relation (3.57) donne :
$$n_1^{\max} = \frac{4(\bar{p} - t_1)}{\tau} - \frac{4\theta\kappa}{\tau} > \frac{2z_1}{\tau}$$

Ainsi, nous obtenons le nombre d'agriculteurs maximal :

$$n_1^{\max} = \frac{4(\bar{p} - t_1)}{3\tau} + \frac{\theta\kappa}{3\tau} \quad (3.58)$$

ainsi, nous observons que le nombre maximum d'agriculteurs est inférieur à celui du modèle de référence (marché simple).

En ce qui concerne le nombre d'agriculteurs par région, les effets sont moins directs. Ainsi :

$$\frac{\partial H_1}{\partial n_1} = \frac{4\bar{p} - 4t_1 - (1 + \mu)\tau n_1 - 4\theta\kappa}{4(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} \quad (3.59)$$

Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, l'impact du nombre de producteurs sur la demande de

porcs des transformateurs est positive si et seulement si $n_1 < \frac{4(\bar{p} - t_1)}{(1 + \mu)\tau} - \frac{4\theta\kappa}{(1 + \mu)\tau}$.

³⁰ Résultats obtenus après simulations.

Nous observons donc, à p fixé, que le nombre d'agriculteurs a un impact négatif sur la production si et seulement si :

$$\frac{4(\bar{p} - t_1)}{(1 + \mu)\tau} - \frac{4\theta\kappa}{(1 + \mu)\tau} < n_1 < \frac{4(\bar{p} - t_1)}{3\tau} + \frac{\theta\kappa}{3\tau} \quad (3.60)$$

4.2 Les effets sur l'offre des transformateurs.

Pour p endogène, le niveau d'output du transformateur à l'équilibre est obtenu grâce au système des fonctions de réaction:

$$\begin{cases} q_1^N = \frac{4a - 4(2t_1 - t_2) - \tau(2n_1 - n_2)}{12b} - \frac{2\theta\kappa}{3b} \\ q_2^N = \frac{4a - 4(2t_2 - t_1) - \tau(2n_2 - n_1)}{12b} + \frac{\theta\kappa}{3b} \end{cases} \quad (3.61)$$

Les effets des coûts de transport et du nombre d'agriculteurs par *région* sont les mêmes que dans le modèle de marché de référence.

Le coût environnemental se répercute négativement aussi bien sur le niveau d'output du transformateur de la *région 1* mais positivement sur celui de la *région 2*. L'équilibre s'effectuant sur le marché final et l'information étant parfaite, le transformateur de la *région 2* fixe sa quantité d'output sachant que le transformateur de la *région 1* va devoir réduire la sienne à cause de la réglementation environnementale.

Grâce au système d'équations (3.61) nous pouvons calculer un écart de production des agriculteurs. Ainsi :

$$H_1^N - H_2^N = \frac{4(t_2 - t_1) + \tau(n_2 - n_1)}{4b} - \frac{\theta\kappa}{b} \quad (3.62)$$

L'introduction d'un coût environnemental dans la *région 1* implique que sa production globale diminue Seuls la part de lisier à épandre et le coût de gestion du lisier influencent

l'écart de production (intuitif). Cependant notons que la sévérité de la politique environnementale et le coût de transport du lisier n'interviennent pas au niveau global : il semble que cela n'a d'effet que sur la production individuelle.

De plus, l'écart de productivité est :

$$\frac{H_1^N}{n_1} - \frac{H_2^N}{n_2} = \left(\frac{H_1^N}{n_1} - \frac{H_2^N}{n_2} \right)^{\text{référence}} - \frac{\theta\kappa(n_1 + 2n_2)}{3bn_1n_2} \quad (3.63)$$

Nous observons ainsi que les conséquences d'une politique environnementale sont négatives sur la productivité dans la *région 1* par rapport au modèle de référence. La politique environnementale entraîne un changement de comportement des agriculteurs, cependant comme le pouvoir de marché est détenu par les transformateurs l'anticipation dont peuvent faire preuve en pareil cas les agriculteurs n'est pas prise en compte.

4.3 Les effets sur le profit des agriculteurs.

Le système d'équations (3.61) nous permet également de déduire le prix de marché d'équilibre ainsi que l'offre inverse d'équilibre :

$$\begin{cases} z_1^N = \frac{4a - 4(2t_1 - t_2) + \tau(4n_1 + n_2)}{24} + \frac{2\theta\kappa}{3} \\ z_2^N = \frac{4a - 4(2t_2 - t_1) + \tau(4n_2 + n_1)}{24} + \frac{\theta\kappa}{6} \end{cases} \quad (3.64)$$

L'offre inverse subit un impact positif au niveau du nombre de producteurs (de n'importe quelle région), et donc du coût de collecte réglé par les producteurs.

Le prix du porc subit un impact positif suite à la politique environnementale de la *région 1*, cet effet est plus important dans la région où la politique est en oeuvre. **La politique**

environnementale entraîne une baisse de la production dans la région 1 et donc une hausse du prix du porc.

D'après le système (3.61), les externalités techniques permettent une diminution de la quantité totale offerte sur le marché finale : $\Delta^- = -\theta\kappa/3b$. **De ce fait, le prix sur le marché final diminue, et donc d'après la fonction de demande inverse de la région 2, nous observons une augmentation du prix du porc dans la région 2 (mais moindre par rapport à celle observée dans la région 1).**

Cette offre inverse nous permet de calculer la production individuelle de chaque producteur selon la région :

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{1,i}^N = \frac{\mu(4a - 4(2t_1 - t_2) + \tau(4n_1 + n_2) - 24\tau|y_i|)}{12(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} - \frac{2\mu\theta\kappa}{3(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} \\ h_{2,i}^N = \frac{4a - 4(2t_2 - t_1) + \tau(4n_2 + n_1) - 24\tau|y_i|}{48w_2} + \frac{\theta\kappa}{12w_2} \end{array} \right. \quad (3.65)$$

Les producteurs subissant un coût environnemental produisent moins que ceux qui ne le subissent pas et ce d'autant plus que la réglementation est restrictive.

A l'équilibre, le profit des agriculteurs est :

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi_{1,i}^P = \frac{\mu(4a - 4(2t_1 - t_2) + \tau(4n_1 + n_2) - 8\theta\kappa - 24\tau|y_i|)^2}{576(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} \\ \pi_{2,i}^P = \frac{(4a - 4(2t_2 - t_1) + \tau(4n_1 + n_2) + 4\theta\kappa - 24\tau|y_i|)^2}{2304w_2} \end{array} \right. \quad (3.66)$$

La politique environnementale a un impact négatif sur la production individuelle de la région 1, mais positif sur celle de la région 2.

Notons qu'à l'équilibre, le nombre de production est de la forme :

$$\begin{cases} n_1^{\text{équilibre}} = \frac{(a - 2t_1 + t_2)}{2\tau} - \frac{\theta\kappa}{\tau} + \frac{n_2}{8} (< n_1^{\text{max}}) \\ n_2^{\text{équilibre}} = \frac{(a - 2t_2 + t_1)}{2\tau} + \frac{\theta\kappa}{2\tau} + \frac{n_1}{8} (< n_2^{\text{max}}) \end{cases} \quad (3.67)$$

4.4 Le nombre d'agriculteurs endogénéisé.

Nous pouvons ainsi en déduire la forme du nombre d'agriculteurs d'équilibre endogénéisé :

$$\begin{cases} n_1^{\text{endogène}} = \frac{4(3a - 5t_1 + 2t_2)}{21\tau} - \frac{20\theta\kappa}{21\tau} \\ n_2^{\text{endogène}} = \frac{4(3a - 5t_2 + 2t_1)}{21\tau} + \frac{8\theta\kappa}{21\tau} \end{cases} \quad (3.68)$$

Le nombre d'agriculteurs est, comme dans le cas de référence, dépendant des coûts de collecte du producteur mais également des coûts de transports supportés par les transformateurs.

Notons que la politique environnementale a un impact négatif sur le nombre d'agriculteurs de la *région 1* : plus un agriculteur a besoin d'épandre du lisier, plus il a besoin de place disponible et donc moins il faut d'agriculteurs qui épandent.

En incorporant le nombre d'agriculteurs endogénéisé dans le système (3.61), nous obtenons les productions finales suivantes :

$$\begin{cases} q_1^N = \frac{2(3a - 5t_1 + 2t_2)}{21b} - \frac{10\theta\kappa}{21b} \\ q_2^N = \frac{2(3a - 5t_2 + 2t_1)}{21b} + \frac{4\theta\kappa}{21b} \end{cases} \quad (3.69)$$

Il apparaît donc que la production du transformateur de la *région 1* est touchée par la réglementation environnementale tandis que celui de la *région 2* profite sur le marché final de

cette baisse de production de son concurrent pour augmenter la sienne (dans une moindre mesure).

Notons qu'avec le nombre d'agriculteurs endogène, l'écart de production apparaît comme dépendant uniquement des coûts de transport, de la sensibilité des consommateurs au prix mais aussi des paramètres de la politique environnementale :

$$H_1^N - H_2^N = \frac{2(t_2 - t_1)}{3b} - \frac{14\theta\kappa}{21b} \quad (3.70)$$

Ainsi, la production globale des agriculteurs soumis à une réglementation environnementale est d'autant plus inférieure à celle des concurrents que le coût de gestion est important.

De plus, la productivité globale des agriculteurs reste de la forme :

$$\frac{H_r^N}{n_r} = \frac{\tau}{2b} \quad (3.71)$$

Il n'existe donc pas d'écart de productivité entre les régions, comme nous l'avons vu précédemment dans le modèle de référence, et ce malgré l'existence d'une réglementation environnementale dans une seule région. Ainsi, le fait d'endogénéiser le nombre de producteurs permet de mettre en avant leur aptitude globale à s'adapter à une réglementation environnementale.

Avec le nombre d'agriculteurs endogène, la production individuelle d'équilibre (3.63) devient de la forme :

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{1,i}^N = \frac{4\mu(6a - 5t_1 + 2t_2)}{21(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} - \frac{2\mu\tau|y_i|}{(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} - \frac{20\mu\theta\kappa}{21(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} \\ h_{2,i}^N = \frac{3a - 5t_2 + 2t_1}{21w_2} - \frac{\tau|y_i|}{2w_2} + \frac{97\theta\kappa}{96w_2} \end{array} \right. \quad (3.72)$$

Les résultats restent les mêmes que ceux cités précédemment. Cependant, notons que la réglementation environnementale a un effet négatif sur la production individuelle de celui qui la supporte tandis que cela influence positivement l'agriculteur de la région concurrente.

Enfin, lorsque le nombre d'agriculteurs est endogénéisé, le profit de l'agriculteur i de la région r devient:

$$\begin{cases} \pi_{1,i}^P = \frac{\mu [2(3a - 5t_1 + 2t_2 - 5\theta\kappa) - 21\tau |y_i|]^2}{441(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} \\ \pi_{2,i}^P = \frac{[2(3a - 5t_2 + 2t_1 + 2\theta\kappa) - 21\tau |y_i|]^2}{1764w_2} \end{cases} \quad (3.73)$$

Nous observons ainsi que la réglementation environnementale a un impact négatif sur le profit du producteur qui subit cette réglementation tandis que le concurrent « profite » de cette réglementation pour augmenter son profit, et ce via les discussions des transformateurs sur le marché final.

Conclusion du Chapitre 3.

Dans ce chapitre, nous avons montré les différents mécanismes sous-jacents à l'existence d'un l'équilibre dans un modèle de marché composé de deux régions symétriques où le pouvoir de marché est détenu par les transformateurs qui se font concurrence sur un marché final national. Afin de comprendre les effets des différentes modifications sur la structure du secteur porcin, nous avons également introduit les impacts d'effets de débordement et ceux d'une politique environnementale dans une région, et ce en abandonnant l'hypothèse de symétrie.

Premièrement, nous avons effectué nos raisonnements en fixant le nombre d'agriculteurs de chaque région (Tableaux 3.1a et 3.1b). Nous observons pour tous les modèles (de référence, avec externalités techniques ou avec intégration d'une politique environnementale), que le coût de transport et le coût de collecte de la *région r* ont un impact négatif sur l'output transformé (et donc l'output produit par les agriculteurs) de la *région r*, sur le prix du porc du marché régional, sur la production individuelle des producteurs ainsi que sur le profit du producteur de la *région r*. **Ainsi plus les coûts de transport et de collecte régionaux sont élevés, moins la production régionale est importante et ceux à tous les niveaux.** Cependant, notre modèle s'équilibrant sur le marché final, il apparaît que les coûts de collecte et de transport de la région concurrente (*région s*) ont quant à eux des effets positifs.

Le nombre d'agriculteurs a un impact négatif sur les productions régionales et la productivité globale. Cependant, la production et le profit individuels ne semblent affectés de manière négative par le nombre d'agriculteurs qu'à partir d'un certain seuil ($|y_i| > n_r/6$). Le fait d'être éloigné par rapport au transformateur donne des productions individuelles et donc des profits individuels moins importants : chaque agriculteur est alors désireux de se rapprocher du transformateur afin de maximiser son profit.

Tableau 3.1a. Comparaison du modèle de référence avec le modèle avec externalités techniques, nombre d'agriculteurs fixé.

	Modèle de référence	Modèle avec externalités techniques	Gains des externalités techniques
Output transformé	$q_1^s = \frac{4a - 4(2t_1 - t_2) - \tau(2n_1 - n_2)}{12b}$	$q_1^t = q_1^s + \frac{4\rho w_1(n_1 - 1)}{3b} - \frac{2\varepsilon w_1 n_1^2}{3b}$	$q_1^t - q_1^s = \frac{4\rho w_1(n_1 - 1)}{3b} - \frac{2\varepsilon w_1 n_1^2}{3b} > 0$
Productivité globale			$\frac{H_1^t}{n_1} - \frac{H_1^s}{n_1} = \frac{4\rho w_1(n_1 - 1)}{3bn_1} - \frac{2\varepsilon w_1 n_1}{3b} > 0$
Production individuelle	$h_1^s = \frac{4a - 4(2t_1 - t_2) + \tau(4n_1 + n_2) - 24\tau y_i }{48w_1}$	$h_1^t = h_1^s + \frac{\rho(n_1 - 1)}{3} + \frac{\varepsilon(n_1^2 - 12 y_i ^2)}{12}$	$h_1^t - h_1^s = \frac{\rho(n_1 - 1)}{3} + \frac{\varepsilon(n_1^2 - 12 y_i ^2)}{12} > 0$
Nombre d'agriculteurs maximum	$n_1^{\max,s} = \frac{2(\bar{p} - t_1)}{\tau}$	$n_1^{\max,t} = \frac{(8\rho w_1 - \tau) + \sqrt{\Delta}}{8\varepsilon w_1}$	$n_1^{\max,t} > n_1^{\max,s}$

Tableau 3.1b. Comparaison du modèle de référence avec le modèle avec régulation environnementale, nombre d'agriculteurs fixé.

	Modèle de référence	Modèle avec politique environnementale	La politique environnementale : un frein à l'agglomération ?
Output transformé	$q_1^s = \frac{4a - 4(2t_1 - t_2) - \tau(2n_1 - n_2)}{12b}$	$q_1^e = q_1^s - \frac{2\theta\kappa}{3b}$	$q_1^e - q_1^s = -\frac{2\theta\kappa}{3b} < 0$
Productivité globale			$\frac{H_1^e}{n_1} - \frac{H_1^s}{n_1} = -\frac{2\theta\kappa}{3bn_1} < 0$
Production individuelle	$h_1^s = \frac{4a - 4(2t_1 - t_2) + \tau(4n_1 + n_2) - 24\tau y_i }{48w_1}$	$h_1^e = \frac{\mu(48w_1 h_1^s)}{12(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} - \frac{2\mu\theta\kappa}{3(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)}$	$h_1^e - h_1^s = -\left[\frac{3\tau_m \theta^2 h_1^s + 2\mu\theta\kappa}{3(4\mu w_1 + \tau_m \theta^2)} \right] < 0$
Nombre d'agriculteurs maximum	$n_1^{\max,s} = \frac{2(\bar{p} - t_1)}{\tau}$	$n_1^{\max,e} = \frac{4(\bar{p} - t_1)}{3\tau} + \frac{\theta\kappa}{3\tau}$	$n_1^{\max,e} < n_1^{\max,s}$

La comparaison entre le modèle de référence et le modèle avec externalités techniques nous indique l'intérêt de tels phénomènes. En effet, les débordements d'informations semblent augmenter les productions individuelles et finales aussi bien que la productivité globale. De plus, nous observons que l'influence des externalités d'agglomération donne un nombre d'agriculteurs maximum supérieur. **Les externalités techniques apportent un gain à la production et au profit des agriculteurs d'autant plus que le coefficient d'information est élevé. De plus, il y a agglomération des agriculteurs dans la région où il existe des débordements d'information.**

Le modèle avec politique environnementale montre au contraire que les répercussions de la réglementation abaissent le niveau de production et de productivité. De plus, le nombre d'agriculteurs maximum est inférieur : **la politique environnementale tend à disperser les agents économiques mais cela n'est vrai qu'à partir d'un certain nombre de producteurs porcins.**

Deuxièmement, nous avons généralisé ces résultats en considérant que le nombre d'agriculteurs est endogène (Tableaux 3.2a et 3.2b). Ainsi, nous confirmons l'effet négatif des coûts de transport et de collecte de la *région r* et ce, pour tous les modèles.

D'une part, concernant la comparaison du modèle de référence au modèle avec externalités techniques (homogènes, ne dépendant donc pas de la distance), nous observons que les effets sont identiques à ceux lorsque le nombre d'agriculteurs est fixé. Cependant, notons que le nombre d'agriculteurs avec externalités techniques est inférieur à celui du modèle de référence : cette situation est confirmée lorsque notre modèle avec le nombre d'agriculteurs endogénéisé prend en compte l'influence de la distance (et donc du nombre de producteurs) sur le bénéfice des débordements d'information.

Tableau 3.2a. Comparaison du modèle de référence avec le modèle avec externalités techniques, nombre d'agriculteurs endogène.

	Modèle de référence	Modèle avec externalités techniques avec $\varepsilon = 0$	Gains des externalités techniques
Output transformé	$q_1^s = \frac{2}{21b}(3a - 5t_1 + 2t_2)$	$q_1^t = \frac{2(3a - 5t_1 + 2t_2)\tau + 16(3a - 5t_1 + 2t_2 - 40\tau)\rho w_1}{(88\rho w_1 + 21\tau)b}$	$q_1^t - q_1^s = \frac{40\rho w_1(12a - 20t_1 + 8t_2 - 21\tau)}{21(88\rho w_1 + 21\tau)b} > 0$
Productivité globale			$\frac{H_1^t}{n_1} - \frac{H_1^s}{n_1} = \frac{\rho w_1(12a - 20t_1 + 8t_2 - 21\tau)}{(3a - 5t_1 + 2t_2 + 22\rho w_1)b} > 0$
Production individuelle	$h_1^{\max,s} = 0$	$h_1^{\max,t} = \frac{(12a - 20t_1 + 8t_2 - 21\tau)\rho}{88\rho w_1 + 21\tau}$	$h_i^{\max,t} - h_i^{\max,s} = \frac{(12a - 20t_1 + 8t_2 - 21\tau)\rho}{88\rho w_1 + 21\tau} > 0$
Nombre d'agriculteurs endogène	$n_1^{\text{endo},s} = \frac{4[3a - 5t_1 + 2t_2]}{21\tau}$	$n_1^{\text{endo},t} = \frac{4(3a - 5t_1 + 2t_2)}{88\rho w_1 + 21\tau} + \frac{88\rho w_1}{88\rho w_1 + 21\tau}$	$n_1^{\text{endo},t} < n_1^{\text{endo},s}$

Tableau 3.2b. Comparaison du modèle de référence avec le modèle avec régulation environnementale, nombre d'agriculteurs endogène.

	Modèle de référence	Modèle avec politique environnementale	La politique environnementale : un frein à l'agglomération ?
Output transformé	$q_1^s = \frac{2}{21b}(3a - 5t_1 + 2t_2)$	$q_1^e = \frac{2(3a - 5t_1 + 2t_2)}{21b} - \frac{10\theta\kappa}{21b}$	$q_1^e - q_1^s = -\frac{10\theta\kappa}{21b} < 0$
Productivité globale	$\frac{H_1^s}{n_1} = \frac{\tau}{2b}$	$\frac{H_1^e}{n_1} = \frac{\tau}{2b}$	$\frac{H_1^e}{n_1} - \frac{H_1^s}{n_1} = 0$
Production individuelle	$h_1^{\max,s} = 0$	$h_1^{\max,e} = 0$	$h_1^{\max,e} - h_1^{\max,s} = 0$
Nombre d'agriculteurs endogène	$n_1^{\text{endo},s} = \frac{4[3a - 5t_1 + 2t_2]}{21\tau}$	$n_1^{\text{endo},e} = \frac{4(3a - 5t_1 + 2t_2)}{21\tau} - \frac{20\theta\kappa}{21\tau}$	$n_1^{\text{endo},e} < n_1^{\text{endo},s}$

D'autre part, l'intégration d'une politique environnementale (lorsque le nombre d'agriculteurs est endogénéisé) montre une diminution de la production transformée et ce d'autant plus que la part d'épandage que l'agriculteur doit réaliser ou le coût de gestion sont importants. **Cependant, la politique environnementale ne semble avoir aucun effet sur la productivité globale des agriculteurs ou leur production individuelle³¹ : il existerait une adaptation des individus par rapport à la politique environnementale.**

Les modèles évoqués ci-dessus donnent ainsi une première approche des mécanismes qui expliquent d'une part l'intérêt d'un rapprochement technique et d'autre part l'influence d'une politique environnementale sur le comportement des agents, qu'ils soient agrégés ou non. Les extensions de ce modèle peuvent être multiples. Cependant nous pensons qu'il serait intéressant en premier lieu de développer un modèle de coopération commerciale ou d'intégrer le marché foncier dans nos modèles précédemment cités. En effet, d'une part la coopération commerciale permet à l'exploitant de ne plus assumer seul la totalité des risques du marché : le regroupement d'agriculteurs devient alors un monopole et le leader de la région concernée. Le problème d'un tel modèle est alors le retournement strict du pouvoir de marché et un processus de décision différent de celui vu jusqu'alors. D'autre part, l'intégration du marché foncier permettrait à nos modèles d'intégrer la notion de concurrence pour la terre avec les autres agents économiques (population ou autres secteurs) et ainsi d'introduire une force de dispersion supplémentaire. Cependant, il est important de souligner en premier lieu les mécanismes propres à l'intégration de nouveaux phénomènes, c'est pourquoi nous nous sommes focalisés sur les modèles présentés dans ce chapitre.

Dans la suite de la thèse nous adaptons nos modèles aux cadres empiriques auxquels ils sont rapportés. Ainsi, dans un premier temps nous adapterons notre modèle à des individus agrégés

³¹ Nous supposons que le producteur le plus éloigné se trouve dans le cas le plus défavorable.

par canton dans le cas du Danemark et de la France et ce, grâce aux outils de l'économétrie spatiale. Ensuite nous affinerons notre réflexion sur les déterminants au niveau individuel à l'aide de l'économie de la production.

CHAPITRE 4

POSITIVE AND NEGATIVE AGGLOMERATION

EXTERNALITIES: ARBITRATION IN THE PIG SECTOR³²

ABSTRACT.

In this study we analyse the determinants of pig production location in Denmark with a particular focus on positive and negative agglomeration externalities. We first introduce a theoretical model of Danish pig production location, which is then estimated empirically in reduced form, applying the FG2SLS approach. Our results show that technical and pecuniary externalities have a positive effect on location, while the impact of environmental regulations is ambiguous. Indeed, urbanization economies are more important than the negative impact of land competition at local level, but neighbouring land competition implied by environmental regulations seems to have a negative effect on location.

KEYWORDS: Agglomeration externalities, Spatial econometrics, Environmental regulations.

JEL CODES: C13, R30, R15, Q11.

³² This paper is co-authored with J. Abildtrup and B. Schmitt. It is submitted to *Spatial Economic Analysis*.

In this paper we analyse the determinants of the pig production location in Denmark. We focus on the traditional determinants of agglomeration, i.e. positive spillovers among pig farms and interaction with the upstream and downstream sectors, as well as the impact of environmental regulation on the location of pig farms. Production of pork meat is important for Danish agriculture and the Danish economy, with around one-third of the production value in Danish agriculture coming from production of pork meat. Pig production in Denmark is unevenly distributed and increased significantly in certain localities in recent decades.

Changes in the spatial organization of pig production may have consequences for Denmark's local rural economies. Besides the direct effects of agriculture on local economies, agricultural production influences the location of upstream and downstream sectors (Drabenstott et al., 1999; Welsh et al., 2003) as well as local land use and, consequently, the supply of natural amenities. Natural amenities have an impact on the quality of life of the local population and also may provide input to other sectors (Taff, 1996; Gómez and Zhang, 2000; Herriges et al., 2005). In areas with increased spatial concentration of pig production there has been concern about the environmental impact of industrial pig rearing, with several local areas where pig production is dominant experiencing environmental problems (Abdalla et al., 1995; Wossink and Wefering, 2003).

The increased spatial concentration of pig production has been explained by agglomeration economies (e.g. Roe et al., 2002). Industry agglomeration is traditionally explained by the so-called Marshallian externalities arising from localized knowledge spillovers, labour market pooling, and availability of specialized inputs and services (Fujita and Thisse, 2002). Duranton and Puga (2004) delimit the underlying microeconomic mechanisms of agglomeration, such as learning, sharing and matching mechanisms. These mechanisms all

cause increasing external economies of scale which produce agglomeration. Spatial externalities can be divided into technical and pecuniary externalities. Technical externalities can arise from the diffusion of information and knowledge through producer organizations and farmer advisors and from a higher quality available labour force. Pecuniary externalities are transmitted to individual farms, by the market, through price effects, which may affect location and production decisions. For example, location decisions will be influenced by accessibility to input services, such as feed processing plants and veterinary services, and accessibility to output markets. Spatial externalities may be sector specific (location economics), i.e. the performance of one pig farm improves when other pig farms are located nearby, or they may arise from general economic activity (urban economics), i.e. the performance of a pig farm improves when other firms are located nearby. On the other hand, competition in input and output markets may have a dispersal effect on location. This applies especially to access to agricultural land which is required to dispose of the manure according to environmental regulations. Overall, we would expect the location of pig farms to be affected positively by the presence of other pig farms and accessibility to input and output markets, but negatively by environmental stringency. In our study, we distinguish the impacts of technical and pecuniary externalities by including variables respectively for pig production in the neighbourhood, and the access to input and output markets.

The location of livestock production has been analysed empirically for the US (see Metcalfe, 2001; Roe et al., 2002; Welsh et al., 2003; Herath et al., 2005a and 2005b) and Ontario in Canada (Weersink and Eveland, 2006). In Denmark there has been no explicit analysis of the location of livestock production. Roe et al. (2002) estimate a spatially explicit county-level model of the pig production sector within 15 key US pig production states. They estimate three models in which their dependent variables are natural logarithm of a county's total pig

inventory, change in the natural logarithm of pig inventories from 1992 to 1997, and the natural logarithm of the average number of pigs per farm. As a proxy for localization economics, they include a spatial lag of the dependent variable. They find that location economics, urban encroachment, input availability, firm productivity, local economy, slaughter facilities access and regulatory stringency variables affect the sample regions' spatial organization. However, they do not take account that some of the explanatory variables may be endogenous. For example, they include slaughtering capacity location as an independent variable. However, one would expect the location of slaughterhouses might be determined by the supply of pigs; ignoring this could lead to estimation bias.

This study contributes to the literature by offering insights into the spatial organization of pig production in Denmark, the world's largest exporter of pork meat, by providing a location model for pig farmers that is consistent with a downstream sector organized in farmer cooperatives. We also test the impact of recent environmental regulations on pig production in Denmark. We apply the approach proposed by Fingleton and Le Gallo (2008) for the estimation of spatial models with endogenous variables.

The paper is organized as follows. Section 2 presents our theoretical model and discusses some empirical issues. Section 3 provides an overview of the Danish pig production sector and the data used in the analysis. Section 4 discusses the results and Section 5 concludes the paper.

1. Theory and Procedure.

1.1 *A microeconomic model.*

We develop a general model of the location of pig production in Denmark, inspired by Isik's (2004) model of location for the US dairy sector, i.e. we assume that farmers' location decisions can be derived from their profit-maximising behaviour. Farmers, input suppliers and processing firms are located in a two-dimensional spatial world and the model accounts for local production possibilities. However, in our model slaughterhouses are organized as farmer-owned co-operatives. Cooperative-owned abattoirs account for 95% of all pigs slaughtered in Denmark. All farmers in the co-operative pay the same price per pig for transportation to the slaughterhouse. The levy is an average of the cost of transporting pigs from the members of the cooperative to the slaughterhouse. This implies that there is only a weak incentive for farmers to locate close to the slaughterhouse, since the location decision of a single farmer will have a limited impact on average transport costs. On the other hand, cooperatives still have an interest in locating their slaughterhouses close to the place where the pigs are produced. Also, co-operative members receive the same price for their pigs from the slaughterhouse, implying that there is no price competition among farmers within the same cooperative. In Isik's (2004) version of the model farmers pay farm specific transport costs for delivering the farm's output (milk) to the food processing plants (dairies). Our model therefore, is a modified version of Isik's model in order to account for the Danish approach to the allocation of transport costs among cooperative members, i.e. farmers are charged based on the average cost of transport to the slaughterhouse.

We use the aggregate profit that can be derived from maximizing an aggregate profit function, assuming that each farmer maximizes his individual profit. The farm produces output q using

inputs h , and supplies the output to the slaughterhouse. Each input supplying firm j , pig farm i and slaughterhouse k has a location given by Cartesian coordinates (x,y) .

Let u_{ij} be the Euclidian distance between the input firm j and the producer i , and s_{ik} be the distance from the farm i to the slaughterhouse k . We assume ψ^{33} to be the transport rate per unit distance on the output q , and α_j to be the transport rate per unit distance on the j^{th} input.

The pig production at each farm i is given by a quasi-concave production function:

$$q_i = f(h_{i1}, \dots, h_{ij}, \dots, h_{iJ}, \gamma_i, \rho_i) \quad (4.1)$$

where h_{ij} is the input used by farm i and delivered by input firm j , γ_i the farm technical coefficient affecting production, i.e. increasing productivity by increasing γ_i , and $\rho_i \equiv \rho_i(q_l)$ is the agglomeration externalities with $\forall l \neq i$, with ρ_i considered as exogenous for each farm. We assume that $\partial q_i / \partial h_{ij} > 0$ and $\partial q_i / \partial \rho_i > 0$. Finally, the sign of $\partial q_i / \partial \rho_i$ gives us the impact of agglomeration externalities on pig production. We do not introduce risk factors, such as weather, because we assume that there is no spatial variation in potential risk factors due to the small size and homogeneous weather conditions and landscape of Denmark³⁴. Hereafter, the production function will be noted $q_i(\rho_i)$.

The profit of each farm i is:

$$\pi_i = [p - \tau_k(q_i)]q_i(\rho_i) - \sum_{j=1}^J [w_j + \alpha_j u_{ij}]h_{ij} - \kappa_i - F \quad (4.2)$$

$$\text{with } \tau_k(q_i) = \left[\sum_{i=1}^n \psi s_{ik} q_i(\rho_i) \right] / \sum_{i=1}^n q_i(\rho_i)$$

$$\text{and } \kappa_i = \kappa_i(x_i, y_i, q_i, Q_j)$$

³³ We assume the same transport cost rate per unit of pig for all farms, in contrast to transport cost rates per unit of input.

³⁴ This assumption means we do not consider potential risk aversion among farmers.

where p is the exogenous output price on the final market, w_j is the exogenous input price and F is the fixed costs (same for each farm). τ_k is the average transport cost per pig supplied to the slaughterhouse k where n is the number of farmers supplying pigs to the slaughterhouse k . This implies that all farmers delivering pigs to the same slaughterhouse pay the same transport costs.³⁵ However, transport costs may differ between slaughterhouses, e.g. a farm supplying pigs to a slaughterhouse where all farmers are located close to the slaughterhouse will pay relatively low transport costs compared to farmers supplying to an abattoir where suppliers are more widely dispersed. Moreover, κ_i are the costs associated with compliance with environmental regulations. An important factor in the regulations is the limit on the amount of manure that can be applied per ha of agricultural land. This introduces competition among livestock producers over land, implying that the costs of conforming to the environmental regulations increase with the production of pigs at farm i ($q_i(\rho_i)$) and pigs and other types of livestock produced on neighbouring farms with livestock production (Q_i). The stringency of the environmental regulations may vary in different areas, due to variations in environmental vulnerability.

The objective of each farm is to maximize its profit. Farms choose input quantity h_{ij} and location (x_{ij}, y_{ij}) to maximize profit. These variables are characterized by first order conditions:³⁶

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial h_{ij}} = (p - \tau_k(q_i)) \frac{\partial q_i(\rho_i)}{\partial h_{ij}} - \frac{\partial \tau_k}{\partial q_{ij}} \frac{\partial q_i(\rho_i)}{\partial h_{ij}} q_i(\rho_i) - [w_j + \alpha_j u_{ij}] - \frac{\partial \kappa_i}{\partial q_i} \frac{\partial q_i}{\partial h_{ij}} = 0 \quad (4.3)$$

$$\text{where } \frac{\partial \tau_k}{\partial q_{ij}} = \left[\psi_i s_{ik} - \sum_{i=1}^n \psi s_{ik} q_i / \sum_{i=1}^n q_i \right] / \sum_{i=1}^n q_i$$

³⁵ Based on the principle of solidarity in the co-operative, all members of the co-operative receive the same net price for their pigs, regardless of where they are located.

³⁶ The second-order conditions are satisfied under the quasi-concave production function.

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} = -\frac{\partial \tau_k}{\partial x_i} q_i(\rho_i) - [p - \tau_k] \frac{\partial q_i(\rho_i)}{\partial \rho_{ii}} \frac{\partial \rho_i}{\partial x_i} - \sum_{j=1}^J \alpha_j \frac{\partial u_{ij}}{\partial x_i} h_{ij} - \frac{\partial \kappa_i}{\partial x_i} = 0 \quad (4.4)$$

$$\text{where } \frac{\partial \tau_k}{\partial x_i} = \left[\psi \frac{\partial s_{ij}}{\partial x_i} + \left(\psi s_{ik} - \sum_{i=1}^n \psi s_{ik} q_i / \sum_{i=1}^n q_i \right) \frac{\partial q_i(\rho_i)}{\partial \rho_{ii}} \frac{\partial \rho_i}{\partial x_i} \right] / \sum_{i=1}^n q_i$$

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial y_i} = -\frac{\partial \tau_k}{\partial y_i} q_i(\rho_i) - [p - \tau_k] \frac{\partial q_i(\rho_i)}{\partial \rho_{ii}} \frac{\partial \rho_i}{\partial y_i} - \sum_{j=1}^J \alpha_j \frac{\partial u_{ij}}{\partial y_i} h_{ij} - \frac{\partial \kappa_i}{\partial y_i} = 0 \quad (4.5)$$

$$\text{where } \frac{\partial \tau_k}{\partial y_i} = \left[\psi \frac{\partial s_{ij}}{\partial y_i} + \left(\psi s_{ik} - \sum_{i=1}^n \psi s_{ik} q_i / \sum_{i=1}^n q_i \right) \frac{\partial q_i(\rho_i)}{\partial \rho_{ii}} \frac{\partial \rho_i}{\partial y_i} \right] / \sum_{i=1}^n q_i$$

The first and third right hand side elements in (4.3) represent the standard condition for profit maximization, i.e. the price of an input should equal the marginal value product of this input. However, the second element takes into account that the price of pigs net of transport costs may change as a result of changes in production. This element will not be zero when the transport distance between farm i and the slaughterhouse k differs from the production-weighted average distance between slaughterhouse k and all other farms delivering pigs to this slaughterhouse. The last element corrects for the marginal environmental compliance cost, i.e. the farm i 's impact on the local livestock concentration. The first right hand side elements in (4.4) and (4.5) represent the marginal pig transport costs, changing the location of the farm in the two dimensional space. This includes change in the average price due to changed distance and also changed production if the effect of agglomeration changes. The second element represents marginal changes in production due to changes in productivity. These elements are zero if the concentration of pigs is constant over distance, or if there are

no spillovers between pig farms.³⁷ The third J elements are the marginal changes in the transport costs of inputs, and the last elements are the marginal changes in environmental compliance costs from changing the location of the farm in the two dimensional space.

In our model, optimal input is given by:

$$h_{ij}^* = h_{ij}^*(p, \tau_i, s_{ik}, w_j, \alpha_j, u_{ij}, \gamma_i, \rho_i | (x_i, y_i)) \quad (4.6)$$

Our focus is on the location of a farm and not on whether or not to go into production. The optimal location is determined by (4.4) and (4.5) depending on (4.6). Farm i locates its operation where it obtains the highest profit. The optimal output depending on (4.6) and (x_i^*, y_i^*) could be defined as:

$$\begin{cases} x_i^* = x_i^*(h_{ij}^*, p, \tau_i, s_{ik}, w_j, \alpha_j, u_{ij}, \gamma_i, \rho_i, \kappa_i) \\ y_i^* = y_i^*(h_{ij}^*, p, \tau_i, s_{ik}, w_j, \alpha_j, u_{ij}, \gamma_i, \rho_i, \kappa_i) \\ q_i^* = f(h_{i1}^*, \dots, h_{iJ}^*, \gamma_i, \rho_i(q_i^*), \kappa_i, F | (x_i^*, y_i^*)) \end{cases} \quad (4.7)$$

Thereby, there will be simultaneous determination of optimal output for all farms due to agglomeration externalities ρ_i and the environmental costs which are influenced by the local competition for land.

Farmers choose location i against l if the profit is highest in i , *i.e.* $\pi_i > \pi_l \forall i, l$. Thus, farms are more concentrated in areas with favourable production conditions. Both profit and production decrease with an increase in transport costs. Transport costs increase with the distance to the input supplying firms, while the costs of transporting the pigs to the slaughterhouse is only weakly dependent on the distance between slaughterhouse and farm. This implies that there is an advantage for the farm in being located close to input supplying

³⁷ In Isik (2004) changes in agglomeration externalities due to changes in location are ignored in the first order conditions even though these spatial interactions are addressed in the empirical analysis.

firms whereas the advantage from being close to the slaughterhouses is smaller. A reduction in the stringency of environmental regulations induces a reinforcement of the profit. For this reason, farmers prefer to locate their activities in areas where environmental regulation is less stringent. The technical coefficient of the farm may also have an effect on profit and location *via* the production function. Due to positive technical externalities, farmers will locate in areas where other similar or related activities are located, i.e. $\partial q_i / \partial \rho_j > 0$. Changes over time in the agglomeration externalities could also explain changes in a farm's output and indirectly its location over time. The sign of $(\partial q_{i,t} / \partial \rho_{j,t} - \partial q_{i,t-1} / \partial \rho_{j,t-1})$ shows how changes in technical externalities affect changes in production levels over time.

1.2 Reduced form and econometric issues.

The empirical application of the theoretical model uses municipality-level agricultural and economic data from 1999 and 2004 for Denmark. We examine the factors affecting the pig inventory using the reduced form of the optimal output defined by the theoretical model, i.e. pig density in municipality i (Y_i) is used as a proxy for optimal output.

More specifically, the following model (4.8) is used for the estimations:

$$Y = \beta_1 + \rho WY + \beta_2 (W + I)S + \beta_3 (W + I)X + \beta_4 E + \beta_5 WE + \beta_6 P + \beta_7 WP + \beta_8 G + u \quad (4.8)$$

$$\text{with } u = \lambda W^* u + \varepsilon$$

The technical externalities of agglomeration, $\rho_i = \rho_i(q_i)$, are measured by ρ , representing the parameter of a distance weighted inventory level in the neighbourhood of a municipality. As in Roe et al. (2002), the inclusion of spatial interactions among county-level pig production units accounts for the hypothesis of location externalities. Pig production is determined

simultaneously across areas, implying that neighbouring productions are endogenous and that our parameter estimates will be biased if we include a spatial lag. We also specify the error term u with a spatial autoregressive process: this process implies that a shock at one location j is transmitted to all other locations in the sample (Anselin, 2003).

The neighbouring relations are expressed with a spatial weight matrix W in which the rows and columns correspond to the cross-sectional observations. An element w_{ij} in the matrix can be interpreted as the presence of a link between observation in county i and observation in location j . In this analysis, the elements of the weight matrix are derived using a distance decay function, $w_{ij} = 1/d_{ij}^\theta$, where d_{ij} equals the distance by road in kilometres between administrative towns in counties i and j . The distance squared decay function ($\theta = 2$) gives a low weighting to observations that are located farther apart. The elements along the main diagonal are $w_{ii} = 0$. To interpret the spatial variables, the weights are standardized so that the elements in each row sum to 1. These standardized elements are $w_{ij}^s = w_{ij} / \sum_j w_{ij}$. We expect to find positive technical agglomeration externalities.

We also include a variable for accessibility to slaughterhouse capacity $((W + I)S)$, which corresponds to $1/\tau_i$ in system (4.7), which is assumed to affect the net price of pigs positively. However, this variable is only expected to have a weak impact on location since the farmers supplying co-operative-owned slaughterhouses pay an average transport price. The effect of gross input prices (including transport costs, denoted h_{ij} in system (4.7)) is measured by the accessibility to feedstuffs $((W + I)X)$, assuming that the price will be lower the shorter the distance from the port where imported protein-rich feed is unloaded. Access to slaughterhouse capacity and feed give us a proxy for the pecuniary externalities of agglomeration which are supposed positive.

Several measures for regulation are implemented to reduce the negative environmental impact of livestock production. In Denmark, the environmental regulation on pig production includes area limitations for spreading manure, standards for the design of production facilities, restrictions on the proximity of production facilities to cities and vulnerable ecosystems (Hansen, 2002; Miljøministeriet, 2002), among others. To what degree these environmental regulations have reduced agglomeration is not, a priori, clear. Minimum land requirements for the spreading of manure have imposed a new condition on the “landless” pig sector: land competition. This reduces the agglomeration forces. At the same time, restrictions related to the location of new production facilities in environmentally vulnerable areas may increase intensity in less vulnerable areas. Environmental compliance costs, denoted κ_i in system (4.7), are represented by the competition for land for spreading manure (E) and its spatial lag (WE): similar to Roe et al. (2002), we expect that environmental regulation will have a dispersal effect on location. The population density of municipality (P) can be envisaged as a negative externality (i.e. an olfactory nuisance) and its spatial lag (WP) as an outlet (consumption area). Finally, the distance to the German border (G) is included as an explanatory variable and represents the transport costs associated with export of pigs to Germany. In the case of export, it is the individual pig farmer who organizes and pays for transport, implying an advantage in being close to the German border.

To estimate (4.8), we consider a general regression model, including both the spatial lagged term as well as a spatially correlated error structure, given in the equation (using customary notation):

$$Y = \beta_0 + \rho WY + \beta_1 F + \beta_2 H + u \quad (4.9)$$

where Y is the $(n \times 1)$ vector of observations on the dependent variable; β_0 is the intercept, ρ is a scalar spatial autoregressive parameter, W is an $(n \times n)$ spatial weights matrix, F is an

$(n \times k)$ matrix of observations on k exogenous variables with β_1 as the corresponding $(k \times 1)$ vector of parameters; H is a $(n \times c)$ matrix of observations on c endogenous variables (i.e. access to a slaughterhouse, the environmental ratio and its spatial lag) with β_2 as the corresponding $(c \times 1)$ vector of parameters, and u is the $(n \times 1)$ vector of the error terms (specific spatial process). The endogenous and exogenous variables are presented in Table 4.1.

The maximum likelihood (ML) estimation method is the methodological framework most commonly applied in spatial econometrics. However, estimation of a model with a spatial error process and endogenous variables is not possible with the usual ML approach and there are other approaches that can be used to avoid the problems inherent in ML estimations. One such methodology is the feasible generalized spatial two-stage least squares (FGS2SLS) estimation. As Kelejian and Prucha (1998) noted, instrumental variables estimation can be helpfully implemented in models with spatial lag (i.e. with simultaneous spatial interaction): thereby, the endogeneity of the spatially lagged dependant variable can be corrected.

In fact, in empirical applications of spatial econometrics, the effects of other endogenous variables are often disregarded, unlike the well-known spatial lag endogeneity. Indeed, Roe et al. (2002) do not consider the endogeneity of slaughterhouse location. However, endogeneity of slaughterhouse location may be the result of an unknown set of simultaneous structural equations representing vertical coordination between pig producer and slaughterhouse. The case of endogenous variables additional to the usual (single equation) dependent variable and its spatial lag is very common: these variables are the result of some kind of system feedback. Our interest is on a single equation; thus, we do not know precisely the structural equations leading to simultaneity. It is sometimes preferable to not attempt to model a complete system without fairly precise knowledge of the structural equations, because assuming the wrong

structure may compromise parameter estimates of interest. In this context, Fingleton and Le Gallo (2008) extend Kelejian and Prucha's (1998) method by allowing additional endogenous variables in a single equation model. We adopt this approach in our analysis.

Using Fingleton and Le Gallo's (2008) model, we analyse both endogeneity and simultaneous spatial interaction. The estimation procedure has three stages. In the first, the model is estimated by 2SLS. The second stage uses the resulting 2SLS residuals to estimate λ and σ^2 using a GM procedure. In the final stage, the estimated λ is used to perform a Cochrane-Orcutt transformation to account for spatial dependence in the residuals.

2. Data.

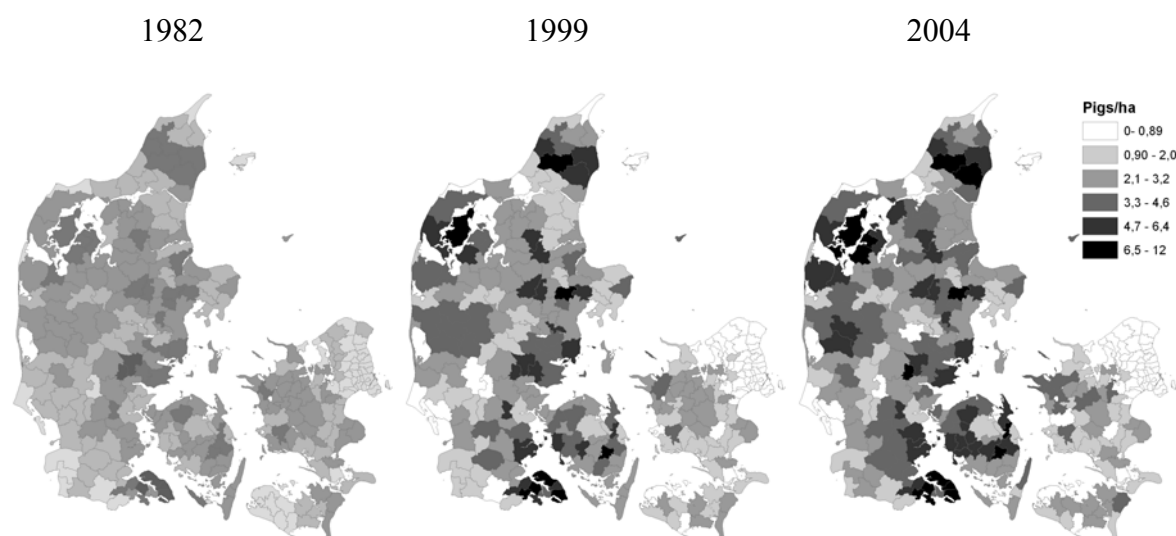
2.1. Danish pig production.

In Denmark the total number of pigs increased from 11.6 million in 1999 to 13.2 million in 2004. However, in the same period, the number of farms producing pigs decreased from 15,500 to 10,000, implying an increase in the average number of pigs per farm from 748 to 1,320. Pig production in Denmark is geographically concentrated in Jutland and on the island of Funen (see Figure 4.1). It would appear, from comparing maps of pig density for 1982 and 2004, that the places where pig production was agglomerated in 2004 are mostly the same as in 1982. In some municipalities, especially Sealand, geographical concentration of pigs has decreased although the total numbers of pigs has increased in the period.

In international comparisons, the Danish pig production sector is characterized by strong vertical integration in which farmer-owned co-operatives operate breeding facilities, slaughterhouses, processing and wholesale facilities (Schrader and Boehlje, 1996; Laursen et al., 1999). For more than a century most Danish pig producers have been members of co-

operatives with their own slaughterhouses. In 1980 there were 18 cooperatives with slaughterhouses (Danske Slagterier, 2007). In 1999 this number was only 3 and in 2004 it was 2. However, these two cooperatives in 2004 accounted for 95% of all pigs slaughtered in Denmark. The majority of the remaining 5% were treated in 10 private slaughterhouses.

Figure 4.1. Development in spatial concentration of pig per hectare from 1982 to 2004 at municipality level in Denmark.



Source: Statistics Denmark.

The number of plants operated by co-operatives has reduced from 36 in 1980 to 14 in 2004 (Dansk Landbrug, 2005), nevertheless, the average distance between pig producers and a large slaughterhouse facility, is quite small, on average 50 km (Lemoine et al., 2002). In 1999, after the two largest co-operatives merged, the members of the new large co-operative were allowed to sell 15% of their production outside their co-operative (Konkurrencestyrelsen, 2002). This was a change required by the European Commission to facilitate competition following the merger and strengthened in 2002 by the actions of the Danish Competition Authority.

There has been a significant increase in the numbers of pigs exported for slaughter, primarily to Germany. From 1999 to 2004 the annual export trade increased from 285,000 to about 343,000 pigs (Statistics Denmark, 2008). Growth in the export of piglets for fattening in Germany has been even higher. From an almost non-existent trade in 1988, Denmark exported 1.9 million piglets in 2004. It has been suggested that this export in piglets is being driven by is the higher prices of pigs and the higher costs of piglet production in Germany, and the high environmental compliance costs in Denmark (Udesen et al., 2005).

2.2. *Data description.*

In our analysis the geographical units are the local municipalities: We consider all Danish municipalities except Bornholm. This island is excluded because it is located far from the rest of country in the Baltic Sea, and in 2002 the island's municipalities were reduced from five to one, implying data discontinuity. We also exclude eight municipalities for which there are no soil quality observations. These include Copenhagen and its nearest suburbs. Our final sample for analysis is 262 municipalities. The model is estimated for 2 years; 1999 and 2004. The choice of years was determined by the availability of data on pig production and land use at municipality level. In 1999 Statistics Denmark carried out surveys within a total census, and for 2004 data were available from the *General Agricultural Register* and the *Central Husbandry Register*. The main data source is the public database *StatBank Denmark*, provided by Statistics Denmark. Variables and instruments used to estimate equation (4.8) are defined in Table 4.1 and the descriptive statistics are summarized in Table 4.2 (for 1999) and Table 4.3 (for 2004).

Variables.

The dependent variable is municipal pig density, i.e. number of pigs per hectare (Y). We use density rather than inventory at municipality level because the size of municipalities is not homogenous. We follow Roe et al. (2002) in including a spatial lag for the dependent variable (WY). This represents the potential existence of location economics, i.e. industry-specific positive technical externalities. The spatial lag is constructed by multiplying the spatial weight matrix W by the vector of the dependent variable, thus it is endogenous.

Local pig demand is represented by the capacity of the local slaughterhouse (S). Data on the total number of pigs slaughtered is from *The Danish Veterinary and Food Administration*. Pigs slaughtered abroad are not included. Slaughterhouse capacity (which is based on a minimum of 50,000)³⁸ is weighted with the spatial accessibility weight matrix to include demand from slaughterhouses in neighbouring municipalities $((W + I)S)$. We assume this variable to be endogenous.

The majority of the protein-rich feed, e.g. soybeans, used for pig production is imported, mostly through small coastal harbours in Denmark (Lemoine, 2002). We assume that it is only feed imported from Germany that comes by road or rail. Therefore, we use the quantity of industrial feed unloaded at Danish harbours as a measure for the availability of protein-rich feed. This is supplemented by imports from Germany which it is assumed are transported by road or rail. To estimate accessibility to protein-rich feed $((W + I)X)$ we weight imports with the spatial accessibility matrix. That is, supply increases with proximity to a harbour or the German border. In contrast to access to cereals, which is assumed to be endogenous, access to

³⁸ The data on slaughterhouses include butchers' shops which slaughter only a small number of pigs per year. These were excluded by imposing a lower limit on the size of the slaughterhouses included in our analysis. This limit is necessary because we use distance to the nearest slaughterhouse as an instrument for output demand. We assume that it is only slaughterhouses with more than 50,000 slaughtered heads per year which have an impact on the local demand for pigs.

protein feed is assumed to be exogenous as we use the quantity of industrial feed unloaded in harbours as a proxy.

We use competition for land for spreading of manure as a proxy for the impact of environmental regulation on pig production. The degree of competition is measured as the ratio of demand for land for spreading of manure and available land for spreading manure, both measured at municipality level (E). The demand for land for spreading of manure is calculated by using the norms from Danish livestock regulation. The supply of land for spreading manure is calculated as total available arable land minus set-aside land, where manure spreading is not allowed. To take account of the fact that manure may be spread in neighbouring municipalities we also include a spatial lag for the available land (WE), i.e. we multiply E by a distance matrix. Our distance matrix differs from the W , used above, since we take into account the high transport costs for manure. The competition for land and its spatial lag are obviously endogenous since they depend on the size of total livestock production, including pig production.

Table 4.1. Description of variables.

<i>Variable</i>	<i>Definition</i>	<i>Nature</i>
Y	Density of pigs in a municipality (head/ha)	Dependent
WY	Spatial lag of density of pigs	Endogenous
$(W+I)S$	Accessibility to capacity (head) of slaughterhouses	Endogenous
E	Supply / demand of land for spreading manure	Endogenous
WE	Spatial lag of environmental ratio	Endogenous
$(W+I)X$	Accessibility to quantity (1000 tons) of protein-rich feed	Exogenous
P	Density of population per municipality (number/ha)	Exogenous
WP	Spatial lag of population density	Exogenous
G	Distance to the German border (km)	Exogenous
$UNEMP$	Share of working force unemployed	Instrumental
$SKILL$	Ratio of non-skilled workers to all workers per municipality	Instrumental
$NEARS$	Distance to the nearest slaughterhouse (km)	Instrumental
$SOILQ$	Share of clay soils	Instrumental
$NATURA$	Share of land appointed as nitrate vulnerable or Natura2000 area	Instrumental
$CERE$	Area with cereals (ha)	Instrumental
$WCERE$	Spatial lag of cereal area	Instrumental
IMP	Distance to the nearest harbour with import of feed (km)	Instrumental
EXP	Distance to the nearest harbour with export of pork meat (km)	Instrumental

The population variable (P) represents the population density in a municipality. Population density represents the restrictions on the expansion of production close to cities as well as local resistance to the siting of large-scale pig production facilities, e.g. the NIMBY - “not in my backyard” effect. Moreover, the spatial lag acts as a kind of consumption basin. This density and its spatial lag (WP) are assumed to be exogenous.

Finally, it is assumed that all exported pigs (to Germany, Poland and The Netherlands) are transported by truck through the municipality of Bov which is located on the border with Germany. The only motorway crossing the border between Denmark and Germany passes through the municipality of Bov and goes to the German town of Ladelund. Thus, the distance to German border (G) is approximated by the distance from the municipalities to Ladelund, which is assumed to be exogenous.

Table 4.2. Summary statistics for 1999 (270 municipalities).

<i>Variable</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Dev.</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Y	2.41	1.82	0.00	10.71
WY	2.38	0.74	0.78	3.76
$(W+I)S$	149,590.42	303,503.64	23,407.77	2,833,666.55
$(W+I)X$	47.05	115.52	6.13	1,270.60
E	0.53	0.28	0.00	1.21
WE	0.53	0.24	0.05	0.97
P	2.62	8.03	0.19	102.88
WP	3.07	2.94	1.24	17.42
G	259.76	117.00	15.00	496.00

Table 4.3. Summary statistics for 2004 (270 municipalities).

<i>Variable</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Dev.</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Y	2.82	2.23	0	11.79
WY	2.78	0.90	0.88	4.82
$(W+I)S$	162,593.81	349,310.38	24,794.45	2,619,425.84
$(W+I)X$	45.47	107.75	5.21	1,391.80
E	0.55	0.29	0.00	1.19
WE	0.55	0.24	0.09	1.00
P	2.66	8.16	0.19	104.58
WP	3.12	2.98	1.26	17.67
G	259.76	117.00	15.00	496.00

Instrumental variables.

In the first step of the estimation the endogenous variables are regressed on all exogenous variables including exogenous model variables and instrumental variables.

Firstly, the exogenous variables and their spatial lags are used as instruments for the spatial lag of the dependent variable (*WY*). In addition, we use the cereal producing area (*CERE*) and its spatial lag (*WCERE*), the distance to the nearest harbour importing feed (*IMP*) and the distance to the nearest harbour exporting pig meat (*EXP*) to instrument the spatial lag of pig density.

We use the share of unemployed workforce (*UNEMP*) and the ratio of non-skilled workers to all workers (*SKILL*) as instruments for the slaughterhouse. Since slaughterhouse labour is relatively non-specialized, unemployed and unskilled workers can relatively easily take a job in this sector. Moreover, we use the distance to the nearest slaughterhouse (*NEARS*) to account for the proximity effect in the upstream sector.

Pig production has an impact on the use of land as well as on the total amount of manure to be spread, implying that our environmental ratio is endogenous. As an instrumental variable we use soil quality (*SOILQ*) which is assumed to be exogenous. We use environmental vulnerability as the instrumental variable for environmental regulation. As a proxy for environmental vulnerability we use share of land designated a Natura2000³⁹ protected area or identified as a sensitive drinking water area within a municipality (*NATURA*). In these protected and sensitive areas there are stricter regulations on the environmental impacts of expanded livestock production than in other areas (Kørnøv and Christensen, 2004).

³⁹ Natura 2000 is a European network of protected sites which represent areas of the highest value in terms of natural habitats and rare, endangered or vulnerable species of plants and animals, in the European Community. The legal basis for the Natura 2000 network comes from the EU Birds Directive and the EU Habitats Directive. There is emphasis on ensuring sustainable development in areas included in the Natura 2000 network.

3. Empirical results.

Tables 4.4 and 4.5 present the estimation results of the production equation for the above described FGS2SLS and the results of the OLS and the 2SLS estimations⁴⁰. Table 4.6 summarizes the elasticities evaluated at the mean point, with the coefficient of the FG2SLS estimation, and for each year.

The spatial lag is positive and significant at the 1% level, confirming the existence of location economies. Moreover, the significance of the spatial lag increases when we control for endogeneity in the explanatory variables. Spatial lag is the most appropriate variable to explain the location of pig production, i.e. auto-agglomeration is evident. An increase of one point in pig density in a neighbouring municipality is associated with an increase of more than five points in 1999. The importance of self-sector impact becomes higher with time: elasticity at the mean point for 2004 increases to more than nine. Thus, pig production seems to be more spatially concentrated across municipalities in 2004 than it was in 1999. In our study, we distinguish pecuniary externalities from “black box” spatial externalities, implying that the spatial lag represents only technical externalities. Therefore, the results indicate that technical externalities are important for the location of pig production. The existence of location economies in pig production is not surprising. Geographical proximity induces more frequent contacts among farmers and thus eases communication about technical or organizational innovations or new inputs (so-called *information spillovers*). It appears that technical externalities have become more important during the period analysed.

⁴⁰ The instruments (detailed in the Data section) are independent of the residuals, as shown by the Sargan test statistics *p*-values (Tables 4.4 and 4.5).

Table 4.4. Parameter estimates of the pig production density in 1999.

	<i>OLS</i>	<i>2SLS</i>	<i>FGS2SLS</i>
<i>Intercept</i>	- 3.2061 ***	- 7.5280 ***	- 8.3588 ***
<i>WY</i>	2.4625 ***	5.2843 ***	5.4328 ***
<i>(W+I)S</i>	2.06 e-07	8.57 e-07 *	9.09 e-07 **
<i>(W+I)X</i>	0.0002	0.0011 *	0.0011 *
<i>E</i>	7.6555 ***	11.1763 ***	11.5943 ***
<i>WE</i>	- 9.2120 ***	- 19.1988 ***	- 19.9282 ***
<i>P</i>	- 0.0038	- 0.1511 **	- 0.1351 *
<i>WP</i>	0.1051 **	- 0.5287 ***	0.5326 ***
<i>G</i>	0.0009	0.0008	0.0010
λ			- 0.1485
<i>Adjusted R²</i>	0.7411	0.5443	0.5519
<i>Sargan test</i> *		8.08	7.27
<i>Hausman test</i>		14.39 ***	15.90 ***

***, **, *: significant at 1, 5, 10 percent.

e-06: multiplied by 10 exponent -6.

* H₀: instrumental set is valid. We accept H₀ if probability is upper than 10 per cent.

Bold variables are endogenous.

Table 4.5. Parameter estimates of the pig production density in 2004.

	<i>OLS</i>	<i>2SLS</i>	<i>FGS2SLS</i>
<i>Intercept</i>	- 3.5945 ***	- 16.0024 ***	- 24.8029 ***
<i>WY</i>	2.1662 ***	8.0114 ***	9.3943 ***
<i>(W+I)S</i>	1.94 e-08	2.01 e-06 ***	1.79 e-06 **
<i>(W+I)X</i>	0.0002	0.0030 ***	0.0037 ***
<i>E</i>	7.3059 ***	13.1600 ***	16.5441 ***
<i>WE</i>	- 7.9403 ***	- 27.7607 ***	- 32.4480 ***
<i>P</i>	- 0.0116	- 0.5493 ***	- 0.5858 ***
<i>WP</i>	0.1504 **	1.4187 ***	1.7966 ***
<i>G</i>	0.0011	0.0035	0.0058 *
λ			- 0.3828 ***
<i>Adjusted R²</i>	0.6684	0.3700	0.3638
<i>Sargan test</i> *		6.17	3.20
<i>Hausman test</i>		17.40 ***	20.11 ***

***, **, *: significant at 1, 5, 10 percent.

e-06: multiplied by 10 exponent -6.

* H₀: instrumental set is valid. We accept H₀ if probability is upper than 10 per cent.

Bold variables are endogenous.

The effects of access to downstream and upstream sectors appear significant and positive when we used the FGS2SLS method. Access to slaughterhouses becomes significant at the 5% level for both years when we control the endogeneity. As explained in the introduction we

do not expect a strong impact of access to slaughterhouses since the costs of transporting the pigs are only weakly dependent on distance and all co-operative members receive the same price for their pigs. But if we look at elasticities evaluated at the mean point (Table 4.6), it appears that the influence of nearness to the slaughterhouse has doubled during the studied period. The increasing influence of the slaughterhouses could be due to the opening of this market: in 1999 the restriction that all pigs had to be sold for slaughtering to the farmer's cooperative abattoir was relaxed. In 2002 these rules were relaxed even further to allow farmers to sell more pigs outside the co-operative. The variable for access to industrial feed is significant for the 2SLS and FGS2SLS models and is significant when the spatial lag is controlled for at 10% for 1999 and 1% for 2004. As expected, input access has a positive impact on the location of pig production, confirming that it is advantageous to be located close to the upstream sector: the coefficient of industrial feed accessibility is positive, significant and increases over time. However, the elasticity for access to industrial feed is moderate: in 2004, an increase of one point for access to industrial feed implies an increase of less than 0.06 point in municipality pig density.

Table 4.6. Elasticities evaluated at the mean point for 1999 and 2004. FGS2SLS estimation.

	<i>Elasticity</i> <i>1999</i>	<i>Elasticity</i> <i>2004</i>
<i>WY</i>	5.3655	9.2407
<i>(W+I)S</i>	0.0565	0.1044
<i>(W+I)X</i>	0.0212	0.0589
<i>E</i>	2.5718	3.2328
<i>WE</i>	-4.4158	-6.3380
<i>P</i>	-0.1472	-0.5524
<i>WP</i>	0.6805	1.9871
<i>G</i>	0.1100	0.5377

The ratio between demand for land for spreading manure at municipality level and the land available for spreading manure (the competition for land) at municipality level (*E*) and its

spatial lag (WE) are both significant at the same levels, for 1999 and 2004. Indeed, the impact of the environmental ratio in the home-municipality is positive despite our expectations, while the effect of competition for land in neighbouring municipalities is negative as expected. The positive impact of the environmental proxy is due perhaps to positive spillovers from other production of other livestock (than pigs) at local level. In the construction E we take account of all manure generating livestock production. Although a high concentration of livestock production in a municipality implies strong competition for land for spreading manure, the negative impact on pig production may be dominated by urban externalities in the agricultural sector, i.e. positive spill-overs from non-porcine livestock production. These externalities may be due to businesses sharing non-excludable inputs, such as public infrastructure, technical knowledge and labour matching, which are not specific to pig production. More direct measures of environmental regulations using indicators for stringency in the regional implementation of the regulation could help us to identify the mechanisms underlying the impact of environmental regulation on pig production location. Lawley and Furtan (2008) found that the pollution generated by livestock production receives less attention in rural areas (where the pig production is concentrated) and, as a consequence, there is weaker demand for more stringent environmental regulation. Despite this, the spatial lag of the environmental ratio has a negative impact on pig production: if producers are obliged to travel to get rid of their manure they will prefer to reduce production to decrease spreading costs and thus reduce drains on their profit. Moreover, the sign indicates that a municipality with a high concentration of livestock production (a high level of E variable) will compete for land to spread manure in neighbouring municipalities which will have a negative impact on the production of pigs in these municipalities by increasing the price of land for spreading of manure.

The population variable representing the NIMBY effect appears negative and significant at the 10% level in 1999 and at the 1% level in 2004. The potential for conflicts between livestock producers and local residents, e.g. due to odours from pig production, increases as livestock production expands into populated areas (Abdalla et al., 1995, Lawley and Furtan, 2008). Our expectations about the spatial lag of population density are also confirmed: the coefficient of the neighbouring population, considered as a possible consumption basin, is significant and positive. The effect of local population is less important than the positive impact of its spatial lag: thus, population seems to be a fairly positive determinant.

Finally, the distance to the German border is only significant for 2004. This is consistent with increased exports of pigs to Germany during the period analysed, and the relaxation of the obligation to sell all the pigs produced to the cooperative to which the farmer belongs. However, we would expect that the variable would be negative, i.e. the cost of exporting pigs would increase with the distance to the border. However, the positive parameter may be due to increasing exports of piglets to Germany in the period studied, and the fact that we use the density of pigs as a left hand side variable. When piglets are not kept for fattening in Denmark, pig density decreases.

Table 4.7. Parameter estimates of the pig production. First Stage R².

	<i>2SLS</i> <i>1999</i>	<i>FG2SLS</i> <i>1999</i>	<i>2SLS</i> <i>2004</i>	<i>FGS2SLS</i> <i>2004</i>
<i>WY</i>	0.9405	0.9432	0.9362	0.9437
<i>(W+I)S</i>	0.3224	0.3218	0.2583	0.2806
<i>E</i>	0.6858	0.7024	0.6502	0.7012
<i>WE</i>	0.9204	0.9238	0.9123	0.9230

The use of the AR error model is justified in so far as it appears significant at the 1% level for 2004: the λ parameter implies that a shock in a municipality is transmitted outwards, in a chain reaction, with diminishing force, to all other areas.

Finally, the choice of instrumental set seems to be appropriate when we look at the first stage R-square (Table 4.7): the endogenous variables, except access to a slaughterhouse, are explained. The lack of an explanation for the downstream sector variable may be due to an inappropriate choice of instruments for the location of slaughterhouse capacity. The skill level and unemployment ratio may be poor proxies for slaughterhouse labour costs.

Conclusion of Chapter 4.

In this study we analysed the impact of agglomeration externalities, input and output market access, and environmental regulation on the location of pig production in Denmark in 1999 and 2004. The results show that spatial externalities are important for the location of pig production, i.e. pig farms make higher profit if there is a high concentration of pigs in the neighbourhood. This indicates that pig farms benefit from input sharing, labour pool matching and knowledge spillovers. On the other hand, we found a less important, but always positive, effect of accessibility to upstream and downstream industries. However, we did not expect to find a significant effect of access to a slaughterhouse due to the organizational structure of the Danish slaughterhouse sector, i.e. farmer-owned slaughterhouses and farmers' distance-independent payment of transport costs. Finally, we found that the effect of environmental regulations on pig production is ambiguous. On the one hand, the results indicate that so-called urban externalities, i.e. positive spillovers from other non-porcine livestock production, dominate the negative impact of strong competition for land on the local area. On the other hand, it seems that environmental regulation has a negative effect on nearby municipalities. The econometric analysis shows that it is important to allow for further endogenous explanatory variables in a location model. The analysis also shows that it is important to consider potential spatial dependence in the error terms. Despite the introduction of environmental regulation, this econometric analysis shows that effects of location and urbanization externalities are predominant in decisions about where to locate pig production: agglomeration will endure.

Future research should consider changes in production by modelling the differences in the pig inventories for 1999 and 2004 (see e.g. Roe et. al., 2002; Isik, 2004). It may also be relevant

to include other variables to represent the accessibility of other input factors in production, e.g. the local alternative costs of farm labour and taxation. Furthermore, it might be worthwhile to include more direct measures of environmental regulation using indicators for stringency in the regional implementation of such rules. This might identify some of the underlying mechanisms of the impact of the environmental regulation on pig production location.

CHAPITRE 5

THE ECONOMICS OF PORKOPOLIS. EVIDENCE FROM FRANCE⁴¹

ABSTRACT.

Geographic concentration of hog production has been observed since the 1970s in USA and EU. In parallel, productivity of hog producers has raised substantially. This paper aims at evaluating the role of spatial spillovers and inter-dependencies among industries in agglomeration of hog production in France. Our estimations reveal that spatial spillovers play a significant role in agglomeration of hog production as well as the proximity to slaughtering facilities and mixed feed suppliers. In contrast, environmental regulation weakens agglomeration process.

KEYWORDS: Hog production, Positives externalities, Environmental externalities, Spatial Econometrics.

JEL CODES:

⁴¹ This working paper is co-authored with J. Le Gallo, B. Schmitt and C. Gagné.

Empirical evidence suggests that the spatial concentration of hog production have accompanied the rise in hog farm productivity. In the United States, Key and McBride (2007) report that hog production shifted from the Heartland to the Southeast, between 1992 and 1998, and that the mean farm output increases much more in the latter region. In Europe, similar changes are observed. For example, in France, Brittany hosts an increasing share of hog production and the productivity of hog producers located in this region has improved (Daucé and Léon, 2003). Therefore, it seems that agglomeration can be a source of productivity gains. In this context, this paper aims at identifying the market and non-market forces shaping the location of hog production.

Cronon (1991), in his famous book *Nature's Metropolis*, provides a detailed description of the factors explaining the agglomeration process of hog production in Chicago and its hinterland in the second half of the 19th century. The proximity between farmers and slaughtering facilities was one of key determinants. As written by Cronon (1991) in his chapter entitled *Porkopolis* (p.226), “there were strong economic incentives to slaughter and pack pigs near the place where farmers raised them”. Indeed, driving hogs was expensive due to relatively high transport prices and hogs lost weight as they traveled. It was unprofitable to haul them very far. This is why Cronon (1991, p. 227) added: “Unwilling to waste their investment by driving the animals far, farmers instead chose to sell them to seasonal pork packers in the nearest town”.

A second factor explaining the local growth of hog production relies in the geographical proximity between crop production and hog growers. As pointed out by Cronon (1991, p. 226): “Their prodigious meat-packing powers meant that once farmers had harvested their corn crop, pigs (along with whisky) were generally the most compact and valuable way of bringing it to market”. As a result, the proximity to crop production and to the slaughtering

facilities induced large productivity gains. Indeed, “by creating a vast pork hinterland that extended all the way across the corn region of Illinois and Iowa, the railroads gave economies of scale” (Cronon, 1991, p. 230). Combined with innovations in meat transportation to serve final consumers and with increasing productivity of pork packers due to higher labor division, all factors enabled Chicago and its surrounding places to produce and to pack a very large quantity of hogs (more than a million hogs were annually slaughtered in 1870’s at Chicago).

Although the explanations on growth of hog production around Chicago in the second half of 19th century are related to relative transport costs and scale economies, the veracity of the arguments keeps holding today to explain the agglomeration of hog producers in few places. The ratio of transport costs to output or input prices in pork sector is far to be negligible. It should be also noted that some additional factors shaping production location today at work in hog sector: Marshallian and environmental externalities.

According to the theory of location, producers can also benefit from the geographical proximity of other producers who are in the same sector: the Marshallian externalities acting as a shift factor that modifies the relationship between cost and output. Geographical proximity induces more contacts and, in turn, facilitates the transmission of information regarding the changes in output and input markets as well as the development of technical or organizational innovations or new input(s) (Duranton and Puga, 2004), the so-called *information spillovers*. Frequent contacts also allow purchasers or suppliers building the trust required to write incomplete contracts as shown by Leamer and Storper (2001). In other words, the productive efficiency of farmers should rise with the number of farms belonging to the same area and fall with the distance between them.

However, the agglomeration of production induces *negative externalities* such as environmental externalities that raise the production costs. Indeed, environmental policy

implies that available cropland cannot exceed a threshold of manure. The quantity of manure being an increasing function of hog production, farmers must spread larger level of manure and in more and more distant cropland. In other words, the cost of manure management increases with hog production and creates incentives for producers to spread out their production. Additionally, hog production causes local external costs related to odors and other ambient effects that the pork producers must reduce. This constraint (for the producer) creates some additional costs shrinking the expansion of hog production.

It appears that various factors explain the spatial pattern of hog production. In this paper, we first develop a simple model of location and production in order to disentangle the mechanisms at work. Second, we test this model on French data. In their empirical paper, Roe et al. (2002) quantify the impact of the different factors on hog production in 15 US States. Their study suggests the existence of spatial externalities and find that input availability, slaughter access, and regulatory stringency variables affect significantly local production. We propose to improve their approach in several ways.

We first build a theoretical model allowing us to precise the relationship between location and hog production and to analyze the econometrical results. Indeed, the combined effects of spatial spillovers, access to suppliers or purchasers, environmental regulation and negative externalities on local production are not *a priori* obvious and generate serious problems to identify and to estimate the different determinants. Second, we test more precisely the role played by the environmental regulation in this sector on production location. Indeed Roe et al. (2002) do not test the impact of the manure management on the agglomeration of hog production. However we expect that the manure spreading acts a significant dispersion force. Last, we implement recent developments in spatial econometrics in order to take into account different biases which are left aside in the literature. The approach used by Roe et al. (2002)

does not control the endogeneity of the location of slaughters and input suppliers while hog production and others production used by hog producers are simultaneous determined among areas. The strategy that we follow consists in performing a generalized spatial two-stage least squares estimation, suggested by Kelejian and Prucha (1998). Moreover, in order to check the robustness of the results obtained, we control for unmodelled factors in the residual terms by using a non-parametric consistent spatial HAC estimator (Kelejian and Prucha, 2007).

The rest of the paper is organized as follows. In the next section, we develop the theoretical model whereas the empirical model and econometric issues are detailed in Section 3. Data are presented in Section 4. Empirical results are reported and analyzed in Section 5. The last section concludes.

1. Theory.

In this section we develop a spatial model of hog production by taking into account spillovers, the linkages with the feed suppliers and with the slaughtering facilities/processors, and the manure management. The objective is to clarify the impact of simultaneous protagonist locations and the resulting shocks from downstream and upstream sectors as well as from the environmental regulation on the hog producer' choice.

1.1 General framework.

Consider an economy with R regions, labelled $r = 1, \dots, R$ separated by a given physical distance and with three types of producers (hog producers, slaughtering facilities, and feed producers). Each region is formally described by a one-dimensional space y . Each region hosts one slaughtering facility (in short SF) located at the origin $y = 0$, I farms located at y_i

with $i = 1, \dots, I$ (or at distance y_i from the SF) and K feed producers located at y_k with $k = 1, \dots, K$. The distance between farmer i and feed producer k is given by $u_{ik} \equiv |y_k - y_i|$ when they are located in the same side of the region or by $u_{ik} \equiv |y_k| + |y_i|$ when they are not located in the same side of the region. We focus on the behaviour of farmer producing in location i and belonging to region r . Because there are no interactions in our framework between hog or input producers located in different regions, we can drop in our notations the index (r) identifying the region where the farmer produces (we only consider the impact of the location of the final consumers on production). We assume that the profit function of a hog producer is given by

$$\pi_i = (z_r - \tau|y_i|)h_i - C(\cdot) - g(\cdot) \quad (5.1)$$

where z_r is the unit price of pork prevailing in region r (each farmer is price taker), τ is the unit transport costs of pork between farms and the SF, h_i is the production level of farm i , $C(\cdot)$ is the cost function in producing output and $g(\cdot)$ is the cost function in manure management. Thus, the farm's function cost is additively separable in output and manure management. Such an assumption is realistic.

The technology of production is given by $h_i = A_i f(x_k, l)$ where x_k is the quantity of inputs used by farms with $f_x > 0$ and $f_{xx} < 0$ ⁴² and l is the labor force dedicated to hog production with $f_l > 0$ and $f_{ll} < 0$ so that the marginal productivity of each production factor is decreasing. Notice that $A_i = \sum_j a_{ij}$ where a_{ij} represents information spillovers experienced by a farm at y_i from a farm set up at y_j . Hence, A_i represents the information field, having

⁴² f_x denotes the first derivative of $f(\cdot)$ with respect to each component. The second derivative is subsequently denoted by f_{xx} .

the nature of a spatial externality. The amount of information received by a farm depends on the size of the other farms and on its location relative to the others. We consider:

$$a_{ij} = \rho |y_j - y_i|^{-\delta} h_j \quad (5.2)$$

where $\rho > 0$ and $\delta > 0$ are two positive constants, δ measuring the intensity of the distance-decay effect. This type of expressions is used extensively in spatial models of interaction.

Given the technology of production, the cost function $C(\cdot)$ depends positively on h_i and negatively on A_i with $C_h \equiv \partial C / \partial h_i > 0$, $C_{hh} \equiv \partial^2 C / \partial h_i^2 > 0$ and $C_{hA} \equiv \partial^2 C / (\partial h_i \partial A_i) < 0$ as well as on w_i the wage rate and w_{ik} the feed price incurred by the farmer. We assume that $w_{ik} = \bar{w}_k + \xi_k u_{ik}$ where ξ_k is the unit transport costs of feed between farms and feed producers and \bar{w}_k the feed producer's price. Thus, we consider that the farmer incurred transport cost for each type of input.

We take into account the fact that the manure management is regulated. We focus on the impact of manure application rate restrictions on hog production. More precisely, the environmental policy implies that one unit of available cropland cannot exceed \bar{m} units of manure. We assume that s units of cropland are available at each location i . In addition, hog production causes local external costs related to odors and other ambient effects that the pork producer must reduce because of the environmental regulation. The costs associated to manure management include emission abatement costs, manure application costs and manure transport costs. This function cost is additively separable and is given by:

$$g(\cdot) \equiv c_1 h_i + n_i c_2 \bar{m} s + \int_{-y_j^m}^{y_j^m} \tau_m |y_i - y_j^m| \bar{m} s \quad (5.3)$$

where c_1 is the unit abatement cost of ambient effects, c_2 is the unit application cost of the manure, τ_m is the unit transport cost (including travel time) between the storage and the

manure field⁴³, and n_i is the mass of locations where the manure can be applied. We assume that the unit costs of application and transport are constant while c_1 is constant with hog production but increases with the local population size (the effort in emission abatement must be higher when the number of residents is larger). Because we have $n_i = \theta h_i / \bar{m}s$ where θh_i is the quantity of manure that the farmer has to spread, the function cost of manure management can be rewritten as follows

$$g(.) = c_1 h_i + \theta c_2 h_i + \tau_m \frac{\theta^2 h_i^2}{2 \bar{m}s} \quad (5.4)$$

with $g_h \equiv \partial g / \partial h_i = c_1 + \theta c_2 + \tau_m \theta^2 h_i / \bar{m}s > 0$ and $g_{hh} \equiv \partial^2 g / \partial h_i^2 = \tau_m \theta^2 / \bar{m}s > 0$. Hence, the manure management exhibits decreasing economies of scale because of manure transport costs. In addition, it appears that the marginal cost of manure management (g_h) increases with the unit costs of ambient effects reduction and the manure application, c_1 and c_2 respectively, the quantity of manure for each hog unit produced, θ , transport cost between the farm and the manure field, and decreases on availability of cropland in location i and in the surrounding places. This land availability decreases with hog production and other livestock production. Finally, we have $g_{hP} \equiv \partial g_h / \partial P_i > 0$ where P_i is the local population size.

1.2 Location and production.

The equilibrium output (h_i^*) for each farm is implicitly defined in the following equality:

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_i} = (z_r - \tau |y_i|) - C_h(w_{ik}, w_l, A_i, h_i^*) - g_h(\theta, c_1, c_2, \bar{m}, s, \tau_m, h_i^*) = 0 \quad (5.5)$$

We look at location of hog production for a farmer located at i . First, at given distance to the SF, the impact of distance to a feed producer on hog production is as follows:

⁴³ Manure transportation is time consuming (increasing with the distance travelled).

$$\frac{\partial h_i^*}{\partial u_{ik}} = \frac{-\partial C_h / \partial w_{ik}}{C_{hh} + g_{hh}} \xi_k < 0 \quad (5.6)$$

As expected, the impact of the distance to an input supplier reduces pork production. The intensity of this effect rises with the weight of this input in production process (because $\partial C_h / \partial w_{ik}$ increases) and unit transport costs of feed (ξ_k). Hence, we expect that the location of hog production is strongly affected by access to feed suppliers because the intermediate consumptions of feed represent more than 50 percent of production costs for pork producers.

Concerning the impact of the distance to the SF on the farm i 's production, the relationship is much more complex. Indeed, it depends on the relative location of the input suppliers.

$$\frac{\partial h_i^*}{\partial |y_i|} = -\frac{\tau}{C_{hh} + g_{hh}} + \frac{-C_{hA}}{C_{hh} + g_{hh}} \frac{\partial A_i}{\partial |y_i|} - \sum_k \left(\xi_k \frac{\partial C_h / \partial u_{ik}}{C_{hh} + g_{hh}} \frac{\partial u_{ik}}{\partial |y_i|} \right) \quad (5.7)$$

The first term of the RHS in (5.7) concerns unit transport costs of pork between the farm and the SF. The second term on the RHS encapsulates the influence of a change in location on the intensity of spillovers. Whether the density of pork production decreases with the distance to the SF, we have $\partial A_i / \partial |y_i| < 0$. The third term of the RHS in (5.7) takes into account the fact that the distance between the farms and the feed suppliers changes when farm's location varies.

By using (5.4), we can also study how a shock at location j is transmitted to location i .

Concerning a production shock, it is easy to verify that

$$\frac{\partial h_i^*}{\partial h_j} = \frac{-C_{hA}}{C_{hh} + g_{hh}} \rho |y_i - y_j|^{-\delta} \quad (5.8)$$

which is positive and related to positive information spillovers. Hence, increasing pork production in the farms located around farm i raises hog production of this farm. We expect

that the effect intensity increases with the availability of the surrounding cropland (s) is very low (recall that g_{hh} decreases with s).

We now turn to the impact of a consumption shock on hog production. More precisely, we study the impact of a shock in the demand prevailing in region r' . We know that regional price of pork depends positively on the demand for pork and thus on the spatial distribution of consumers because of transport costs raising consumption price. We denote the pork demand by consumers located in region r' to producers located in region r by $D_{r',r}(t_{r',r}, L_{r'})$ where $t_{r',r}$ is the transport cost, increasing the distance between the region producing pork and the region where pork is consumed whereas $L_{r'}$ is the income in region r' . Because $z_r(L_{r'})$ and $D_r = \sum_{r'} D_{r',r}$ (the total demand addressed to producer in region r), some standard calculations reveal that

$$\frac{\partial h_i^*}{\partial L_{r'}} = \frac{d(t_{r',r})}{C_{hh} + g_{hh}} \frac{\partial z_r}{\partial D_r} > 0 \quad (5.9)$$

with $d(t_{r',r}) = \partial D_{r',r} / \partial L_{r'}$. Hence, the impact of a change in the wealth prevailing in a region depends both on transport costs of the processed product and on the relationship between the regional pork price and the regional demand.

Finally, we analyze the effects of the environmental regulation on production.

$$\frac{\partial h_i^*}{\partial \theta} = -\frac{c_2}{C_{hh} + g_{hh}} - \frac{2\tau_m}{(C_{hh} + g_{hh})} \frac{\theta}{\bar{m}s} = -\frac{c_2\bar{m}s + 2\tau_m\theta}{C_{hh}\bar{m}s + \tau_m\theta^2} < 0 \quad (5.10)$$

and

$$\frac{\partial h_i^*}{\partial P_i} = \frac{-g_{hp}}{C_{hh} + g_{hh}} < 0 \quad (5.11)$$

Hence, environmental regulation works against agglomeration of pork production due to increasing cost for manure spreading⁴⁴. However, notice that we consider the farmer uses always the same technology. According to Porter's hypothesis that environmental regulations can induce the adoption of a new technology improving the productivity or saving costs.

2. The Empirical model.

To test our theoretical predictions, we consider the following empirical model including a spatial lag of the dependent variable, which aims at capturing spatial spillovers in hog location:

$$H = \rho W_h H + \beta X + \gamma E + \mu Z + \varepsilon \quad (5.12)$$

where H is a $n \times 1$ vector of the dependent variable in each of the n counties for a given period, ρ is the scalar spatial autoregressive parameters, W_h is an $(n \times n)$ spatial weights matrix, X , E and Z are a $n \times k$ matrix of k explanatory variables related to access to purchasers and suppliers respectively, environmental constraints and farms structures respectively whereas ε is a $n \times 1$ vector of error terms, the properties of which are detailed below. Finally, β , γ and μ are $(k \times 1)$ parameter vectors to be estimated.

The spatial weight matrix W_h contains elements φ_{ij} that can be interpreted as the lowering role of the distance in the intensity of positive interactions between farmers located in county i and located in j (respectively, in the row, column, of the matrix). We use a distance squared decay function as, $\varphi_{ij} = d_{ij}^{-1}$, where d_{ij} is the physical distance in kilometers between capitals of county i and j , if the distance is below 200km, otherwise φ_{ij} is set to 0. The cut-off value of

⁴⁴ See Innes (2000) for a detailed analysis of the impact of environmental regulation on livestock production with respect to the location of producers.

200 km has been chosen because it seems that cooperatives have a regional field of action. The elements along the main diagonal are $\varphi_{ij} = 0$. The weights have been standardized so that the elements in each row sum to 1: $\varphi_{ij}^s = \varphi_{ij} / \sum_j \varphi_{ij}$.

Concerning the accessibility to slaughtering facilities, to local consumers and to input suppliers (vector X), we consider the three following variables:

(i) The access to the slaughtering facility from location i : $S^* = (W_s + I)S$ where W_s is the spatial weight matrix and S is a vector containing the size of the slaughtering facility. Therefore, line i of S^* contains the size of i^{th} slaughtering facility plus a distance-weighted average of I 's neighboring facilities. For W_s , we use an inverse distance matrix. For the cut-off, we consider the minimum distance ensuring that each observation has at least one neighbor. For S_i , this cut-off is equal to around 34 kilometers.

(ii) The access to final consumers from location i : $Pop^* = W_R \times Pop$ where W_R is the spatial weight matrix and R is a vector containing the population. W_R is an inverse distance matrix with a cut-off set to the same distance as slaughterhouses.

(iii) The access to the input suppliers at location i : $X_1^* = (W_x + I)X_1$ where W_x is the spatial weight matrix and X_1 is a vector containing the available quantity of crops. We expect a positive impact of the access to purchasers or suppliers on the pork production. W_R is an inverse distance matrix with a cut-off set to 100 kilometers, in order to take into account the transport cost of cereals which must be inferior than the cost for industrial feed. Moreover, we introduce the regional mixed feed production (specific for hogs) as a vector X_2 .

We also introduce a spatial dimension in environmental constraints preventing the agglomeration of production (vector E):

(i) The ratio of demand to supply of land for spreading manure pig production (N/L) and distance to neighboring places ($W_N \times (N/L)$).

(ii) Restrictions on the location or the growth of the production facilities close to cities (Pop).

Finally, the last vector Z contains all others exogenous variables.

To estimate the spatial lag model (5.12) we use spatial econometrics techniques (Anselin, 2006, LeSage and Pace, 2008). The maximum likelihood (ML) model is by far the most common methodological framework applied in spatial econometrics and it allows controlling for the endogeneity of the spatially lagged variable $W_h H$ (Anselin, 1988). Such an approach is used by Roe et al. (2002) to reveal agglomeration economies in hog production. However, as we argue below, other variables are simultaneously determined with the dependent variable, such as the location of slaughtering facilities or input suppliers are endogenous variables. The location of processors or suppliers is also determined by the spatial distribution of pork producers due to market mechanisms or vertical coordination prevailing in the hog sector. Although this econometrics issue is important, this problem has been disregarded. However, this raises additional econometric complexities, since, as pointed out by Fingleton and Le Gallo (2008), the estimation of a model with a spatial error process and endogenous variables is not possible with the usual maximum likelihood approach. Other approaches have to be used. The strategy that we follow consists in performing a generalized spatial two-stage least squares estimation, suggested by Kelejian and Prucha (1998). This approach consists in using the lower orders of the spatial lags of the exogenous variables as instruments for the endogenous spatial lags, together with other instruments for the other endogenous spatial lags. They are detailed below. Moreover, in order to control for unmodelled factors in equation (5.12), two strategies may be adopted, one of which is used in this paper.

The first would be to specify a parametric error process, such as a first spatial autoregressive error process:

$$\varepsilon = \eta W_{\varepsilon} \varepsilon + \nu \quad (5.13)$$

where μ is a scalar spatial autoregressive parameter; W_{ε} is a first-order contiguity matrix and ν is a $n \times 1$ vector such as $\nu \sim \text{iid}(0, \sigma^2 I_n)$. The estimation method of a general model with an endogenous spatial lag, additional endogenous variables and an autoregressive error term has been suggested by Fingleton and Le Gallo (2008). However, while specifying the error process could result in efficiency gains if specified properly, there is also a risk of misspecification if the error terms are also heteroskedastic or if they are not distributed according to a first-order spatial autoregressive model. Therefore, we use in this paper Kelejian and Prucha's (2007) non-parametric heteroscedasticity and autocorrelation consistent (HAC) estimator of the variance-covariance matrix in a spatial context, SHAC. In particular, they assume that the $(N \times 1)$ disturbance vectors ε of model (5.12) is generated as follows: $\varepsilon = R\xi$, where R is an $(N \times N)$ non-stochastic matrix whose elements are not known. This disturbance process allows for general patterns of correlation and heteroscedasticity. The asymptotic distribution of the corresponding OLS estimators imply the variance-covariance matrix $\Psi = n^{-1} Z' \Sigma Z$, where $\Sigma = (\sigma_{ij})$ denotes the variance-covariance matrix of ε . Kelejian and Prucha (2007) show that the SHAC estimator for its $(r, s)^{\text{th}}$ element is:

$$\hat{\Psi}_{rs} = n^{-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ir} x_{js} \hat{\varepsilon}_i \hat{\varepsilon}_j K(d_{ij}^* / d_n) \quad (5.14)$$

where x_{ir} is the i^{th} element of the r^{th} explanatory variable; $\hat{\varepsilon}_i$ is the i^{th} element of the OLS residual vector; d_{ij} is the distance between unit i and unit j ; d_n is the bandwidth and $K(\cdot)$ is the Kernel function with the usual properties. Here, we have used the Parzen kernel, with a bandwidth set to the first decile, the first quantile and the median of the distance distribution.

The results obtained are quite robust to the choice of bandwidth and we present in the results table those obtained with the median.

3. Data.

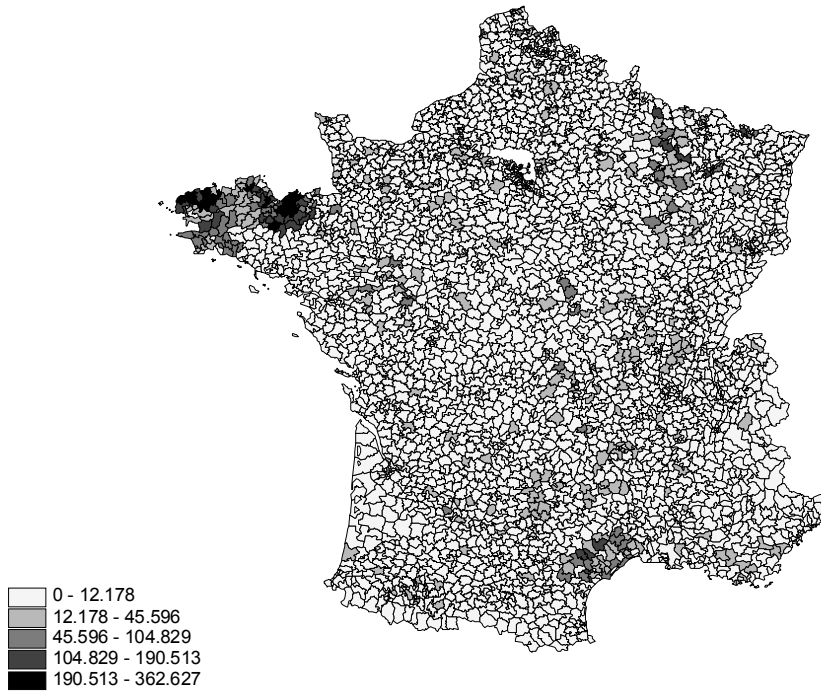
The data used in this paper come for the most part from agricultural censuses (1988 and 2000). Variables relative to slaughterhouses, to mixed feed industry as well as data on the structures of farms were supplied by the IFIP (French Institute of Pork Sector). Furthermore, the data concerning the population and the labor market arise from population censuses (1990 and 1999). Finally, the climatic variables were collected thanks to *Météo France*, whereas those on the land quality result from the data base *QUALISOL* by the University of Orléans. The spatial unit used in this paper is the “*canton*” (sub-county). This constitutes a quite fine spatial disaggregation of analysis. However, some of these units were changed during our study period because of administrative changes (merge or split) so that we performed the analysis on 3589 units for 1988 and 3572 units for 2000. In order to compare the results between the two years, elasticities will be computed.

Variables used to estimate equation (5.12) are defined in Table 5.1.

Considering the heterogeneity of the size of sub-counties, we use the sub-county density of pigs as dependent variable, *i.e.* the number of pig inventory per hectare pig inventory (H_i).

As in Roe *et al.* (2002), we want explore the potential positive technical externalities by using the spatial lag of dependent variable ($W_h \times H_i$). Figure 5.1 displays the geographic distribution of the dependent variable for 2000. It appears that it is quite unevenly distributed across the *cantons* in France, with a geographical concentration on some areas of France, notably Brittany in the West.

Figure 5.1. Geographic distribution of the dependent variable for 2000.



As explanatory variables, we include the accessibility to area of agricultural land used for corn $((W_x + I) \times \text{Corn})$ and other cereals $((W_x + I) \times \text{Cereal})$ as a proxy for the local production of pig feed $(X_1^* = (W_x + I) \times X_1)$. Moreover, given that protein-rich feed used to nourish pigs is imported, we use the regional quantity of industrial pig feed $(X_2 = \text{Mixed Feed})$ as a measure of this type of nourishment. Contrary to the accessibility to corn and other cereal areas, the accessibility to industrial feed is supposed exogenous.

The pig demand is represented by the accessibility to sub-county capacity of slaughterhouses $(S^* = (W_s + I) \times S)$ and by the spatial lag of population $(\text{Pop}^* = W_R \times \text{Pop}_j)$. We suppose the first variable as endogenous, on account of simultaneous location of slaughterhouses and pig farms, while the second is considered as exogenous.

Table 5.1. Description of variables.

<i>Variable</i>	<i>Definition</i>	<i>Source</i>	<i>Nature</i>
H_i	Density of pigs in a sub-county (head/km ²)	AC	Dependent
$W_h \times H_i$	Spatial lag of density of pigs	AC	Endogenous
$(W_x + I) \times \text{Corn}$	Accessibility to corn area (squared km)	AC	Endogenous
$(W_x + I) \times \text{Cereal}$	Accessibility to other cereal area (squared km)	AC	Endogenous
Mixed Feed	Quantity (million tons) of protein-rich feed	IFIP	Exogenous
$(W_s + I) \times S$	Accessibility to capacity (1000 tons) of slaughterhouses	IFIP	Endogenous
$W_R \times \text{Pop}_j$	Spatial lag of population	PC	Exogenous
Pop_i	Population per municipality (1,000 inhabitants)	PC	Exogenous
N_i / L_i	Demand / supply of land for spreading manure	AC	Endogenous
$W_N \times (N_j / L_j)$	Spatial lag of environmental ratio	AC	Endogenous
B density	Density of Breeding farms (number/km ²)	IFIP	Exogenous
F density	Density of Feeding farms (number/km ²)	IFIP	Exogenous
NHF density	Density of small pig farms (number/km ²)	AC	Exogenous
Brittany dummy	Density of pig farms with cow milk production (number/ha)	AC	Exogenous

AC: Agricultural Census
 PC: Population Census
 IFIP: French Institute of Pork Sector

The negative externalities are supposed due to competition for land. That is why we use population per sub-county (Pop_i), the ratio of demand to supply of land for spreading manure pig production (N_i / L_i) and its spatial lag ($W_N \times (N_j / L_j)$)⁴⁵. The population variable represents a cost for the effort in emission abatement. The demand of land for spreading manure is calculated for all livestock of sub-county by using the coefficients from the French agricultural census. The supply of land for spreading manure is the French quota for available land to spreading manure: 70 % of utilized agricultural area. If the local supply is full, the farmers must spread their manure in neighbored sub-county, thus we also take into account the spatial lag of the previous ratio (with a distance matrix adjusted with the high transport costs for manure). This environmental ratio and its spatial lag are considered as endogenous since they depend among other of pig production.

⁴⁵ We tried the accessibility to manure spreading but the own effect and the impact of proximity counties must be differentiate.

Pig producers can be separated between three main orientations, due to a discrepancy in their production technologies: only-breeding, breeding-and-fattening, and after-weaning-and-fattening orientations. Only-breeding manage sows to produce small weanling pigs, after-weaning-and-fattening farms elevate the weanling pigs to fat them and breeding-and-fattening farms do both processes. The breeding-and-fattening farms represent the biggest part of the sample, thus we used the density of each other orientations in our model (“*B density*” for only-breeding farms and “*F density*” for after-weaning-and-fattening ones). These variables can control the production orientation effect on the production agglomeration.

The benefits from a geographical concentration can also be influenced by some urbanization economies. To proxy these effects we integrated in our model the density of non hog farms (*NHF density*), *i.e.* activities which farm cattle other livestock than hogs. Finally, as in France Brittany is known for its high pig agglomeration, we integrated a regional dummy (*Brittany dummy*) to control this eventual impact.

Instrumental variables.

Following Kelejian and Prucha (1998), we should employ a linearly independent subset of the exogenous variables and their low order spatial lags to instrument for *WY*. Moreover, other instruments should be included to account for the other endogenous variables. These instruments can be based on economic theory.

Firstly, exogenous variables and their spatial lags are used as instruments for the spatial lag of the dependent variable. In addition we used accessibility of corps and density of pig smallholding⁴⁶.

⁴⁶ We used a French typology taking into account four kind of production: hog and cereals, hog and milk, little farms and hog specialisation.

We use the share of unemployed workforce and the ratio of non-skilled workers to all workers as instruments for the slaughterhouse. Since slaughterhouse labour is relatively non-specialized, unemployed and unskilled workers can relatively easily take a job in this sector.

Pig production has an impact on the use of land as well as on the total amount of manure to be spread, implying that our environmental ratio is endogenous. As an instrumental variable we used soil quality (proxy by clay part in soils) which is assumed to be exogenous. Moreover, we used some “climate” variables as mean sunshine rate, mean pluviometry rate and mean temperature.

We choose these instruments using a step by step procedure based on the Sargan test. If the Sargan test shows that the set of instruments is not valid⁴⁷, the residuals are regressed on all instrumental variables. This regression helps us to identify which ones are not valid: if their coefficient is significant, at 5% they are linked with residuals and not exogeneous.

4. Results.

We estimated some different models to take into account : (i) if the combined effect of environmental ratio and its spatial lag is the same than the combined one (model 1 and 2); (ii) if the integration of accessibility to crops adds some information or changes our model (model 3 and 4); (iii) if the results are when structure variables as orientation farm (assimilated as control variables) are included (model 5); (iv) if some sector economies exist from other cattle farms (model 6); (v) finally, we want to underline a regional effect with the integration of a Brittany dummy. Moreover, we estimated model 6 and model 7 for 1988 to underline the possible changement of location determinants between 1988 and 2000. Finally as we know

⁴⁷ So that the set of instruments is valid, the probability associated with the test must above 0.10.

that the western regions are more agglomerated in pig production, we estimated model 6 on two sub-samples, western regions and other French regions, to pick up the eventual different determinants between them for each year.

Several results are worth mentioning. From an econometric point of view, the Hausman test is always significant at 5%, meaning that, conditional to the instruments we have specified, the variables that we suspected to be simultaneously determined with the dependant variable are indeed endogenous. Conversely, we cannot reject the null hypothesis of exogenous instruments, according to Sargan's test. Finally, the quality of adjustment ranges from 40% to 50%.

IV results for 2000.

Table 5.2 reports results for different models estimated (with instrumental variables method, IV in 2000).

We notice that the accessibility to the downstream market is positive, significant and strong. On the other hand, the consumption basin seems to have no effect on the hog production. Furthermore, if the regional production of industrial feed seems to play a positive and significant role whatever is the model, the access to the cereal surfaces has no role on the location of hogs, which is contrary to the results of Roe *et al.* (2002).

The spatial lag representing the information spillovers also has a strong coefficient: these spillovers always influence positively and in a significant way the porcine production.

Table 5.2. IV estimation results in 2000 for model 1 to 7.

Variables	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
Wh	0.5910***	0.6450***	0.6455***	0.6306***	0.6399***	0.6332***	0.6753***
(W+I)Corn			0.0043 n.s.				
(W+I)Cereal				0.0119 n.s.			
Mixed Feed	3.4014**	5.5029***	5.5198***	5.9951***	4.3619***	5.2844***	-4.1011 n.s.
(W+I)S	2.2399***	1.3480***	1.3385***	1.1419**	1.7741***	1.4446***	1.8316***
WPop	0.0115 n.s.	-0.0212 n.s.	-0.0210 n.s.	-0.0153 n.s.	-0.0010 n.s.	-0.0170 n.s.	-0.0004 n.s.
Pop	-0.0510***	-0.0365***	-0.0362***	-0.0330**	-0.0411***	-0.0356***	-0.0400***
N/L		0.1458***	0.1475***	0.1503***	0.0849*	0.1120**	0.0874*
W(N/L)		-0.1713***	-0.1731***	-0.1686***	-0.1075**	-0.1375**	-0.1069*
(W+I)(N/L)	-0.0009 n.s.						
B density					-0.6219 n.s.	-0.8366 n.s.	-0.5363 n.s.
F density					2.4816**	2.2414**	2.6183***
NHF density						0.6340*	0.6121*
Britanny dummy							35.2162***
Intercept	-0.0734 n.s.	1.3776 n.s.	1.3363 n.s.	0.4934 n.s.	0.4934 n.s.	0.1869 n.s.	0.3933 n.s.
Statistics							
Adj.R ²	0.4	0.49	0.49	0.5	0.46	0.48	0.46
Sargan test	17.78 n.s.	11.86 n.s.	11.87 n.s.	11.59 n.s.	9.53 n.s.	7.17 n.s.	5.66 n.s.
Hausman test	245.38***	172.42***	148.13***	137.42***	170.67***	171.93***	158.58***
Nb Obs	3,572	3,572	3,572	3,572	3,572	3,572	3,572
First stage Adj. R²							
Wh	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97
(W+I)Corn			0.40				
(W+I)Cereal				0.70			
(W+I)S	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11
N/L		0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
W(N/L)		0.74	0.74	0.74	0.75	0.75	0.75
(W+I)(N/L)	0.69						

***, **, *: significant at 1, 5, 10 percent.
n.s.: non significant.

As regards the environmental variables, we observe that the effect of the local population is identical according to the model: the population has a negative and significant effect on the hog production. If the effect of the accessibility to the spreading surface is not significant, made to separate the local effect and the neighbourhood effect gives conflicting results onto which we shall return afterward. These effects seem strong even by integrating some control variables into our model such as the urbanisation economies from the cattle sector or the structure variables of the hog production.

Agglomeration externalities: when technical economies outclass pecuniary ones.

In our following analysis we take into account model 6 estimated with elasticities obtained with the IV method, with and without the SHAC estimation of the variance-covariance matrix (Table 5.3).

Table 5.3. Mean elasticities for entire sample.

Variables	[6] 1988	[6] 2000	[7] 1988	[7] 2000
Wh	0.3259*	0.6074***	0.3744**	0.6477***
Mixed Feed	0.3335***	0.2686***	0.0581 n.s.	-0.2085 n.s.
(W+I)S	0.3515**	0.2371***	0.2962**	0.3007***
WPop	0.0799 n.s.	-0.0358 n.s.	0.0725 n.s.	-0.0008 n.s.
Pop	-0.1155***	-0.0740***	-0.1058***	-0.0831***
N/L	-0.4031 n.s.	1.0119***	-0.1399 n.s.	0.7897***
W(N/L)	0.6039 n.s.	-1.2103***	0.3551 n.s.	-0.9409***
B density	0.0263 n.s.	-0.0199 n.s.	0.0315 n.s.	-0.0128 n.s.
F density	0.0783***	0.0779***	0.0924***	0.0910***
NHF density	0.0526 n.s.	0.1113**	0.0730*	0.1075**
Britanny			0.1586***	0.2549***
First stage				
Adj. R²				
Wh	0.96	0.96	0.96	0.97
(W+I)S	0.12	0.12	0.12	0.11
N/L	0.08	0.51	0.08	0.51
W(N/L)	0.48	0.75	0.50	0.75

***, **, *: significant at 1, 5, 10 percent.
n.s.: non significant.

In 1988, the elasticity on regional mixed feed production is 0.3335 and on accessibility to slaughterhouses is 0.3515 whereas technical externalities elasticity (proxy by spatial lag) is 0.3259. Extracting pecuniary externalities from spatial lag allows us to underline their importance. Between 1988 and 2000 the spillovers effect doubles. However in 2000, it appears that the technical externalities impact is higher than the pecuniary ones. In 1988, it appears that pecuniary externalities have the same impact that the spillovers: the phenomenon

is inverted or more precisely, the technical cooperation became more important than the commercial one in so far as the price of pig production is more regulated in 90's.

The difference between model 6 and 7 is the effect of regional mixed feed production: if we do not take into account the impact of Brittany this variable is significant and positive, contrary to model 7 where it is non significant. It appears that this dummy intercepts the impact due to industrial feed. The fact that many of ingredients for mixed feed is imported by boat (as soybeans), the proximity to harbors in Brittany can explain that the regional industrial feed picks up the Brittany effect and thus, this impact disappears when the Brittany dummy is integrated in the model. But we can not be formal because the mixed feed variable is at the regional level.

The role of the costs related to manure spreading.

In 2000, the ratio of local manure production to land availability for manure spreading plays a significant and positive while its spatial lag has a negative sign as expected. As we considered that the farmers always use the same technology, the environmental regulations can induce the adoption of a new technology improving the productivity or saving costs. Thus, the positive impact induced by the ratio of local manure production can be explained by the Porter's hypothesis: by the adoption of new technology, producers increase their productivity and thus, the concentration of production can be influenced (Piot-Lepetit and Le Moing, 2007). The producers anticipated the environmental regulations and adopted technology in consequence⁴⁸. Moreover, as the spatial lag takes into account the high transport costs of manure, this coefficient has the effect we expected. The negative effect of the spatial lag of environmental ration is bigger than the agglomerative one of the local environmental ratio, and it is strengthened by the dispersive effect of population. The

⁴⁸ In 1988, the coefficients seem not significant. The impact of environmental regulations does not seem to have yet an effect on producers' behaviors.

environmental regulation plays a role in the dispersion but it is limited by the Porter hypothesis.

Hog production between regions

In this sub-section we consider the results with regional sub-samples (Table 5.4).

We observe that spillovers are positive and significant whatever is the region, the distance between both elasticities remains weak.

Concerning the pecuniary externalities, the positive role of slaughterhouses is confirmed in 2000 so much in the western regions that in the rest of France, and it in spite of a lower significativity. We note that as in the complete sample, the consumption bassin has no effect on the hog production. Furthermore, in the upstream sector, we observe that the regional industrial feed has no significant role: so, this variable appears to have a structuring role between regions but not inside regions.

The spatial lag of environmental ratio indeed has a dispersive role in 2000 for both regions. This impact was already in western regions in 1988. It is due to the fact that the spatial hog concentration is for a long time a common fact in the western regions whereas the effect on the rest of France is due on the way up of the environmental regulations. The effect of the spreading surface has an agglomerative role in both regions in 2000. If this impact was already visible in the western regions in 1988, the rest of France did not undergo significant effect and thus spreading constraint at this period.

It would seem that the producers of the western regions have adapted their technology earlier than those in the rest of France given the already actual spatial pig concentration at this period. Furthermore, we note that the population has a negative and significant effect in the western regions in 1988 but not in 2000 whereas the impact on other regions of France

appears only in 2000. So if the population of the western regions seems to be to accustom to the nuisances provoked by pigsties, the population of other regions in France is reluctant to the setting-up of new exploitations and watch it through public inquiries imposed by the environmental regulations.

Table 5.4. Coefficient for sub-samples.

Variables	[West] 1988	[West] 2000	[Rest of France] 1988	[Rest of France] 2000
Wh	0.8288***	0.8371***	0.8878***	0.8804***
Mixed Feed	0.0873 n.s.	0.0493 n.s.	0.2423 n.s.	-0.1094 n.s.
(W+I)S	0.2871***	0.1474*	-0.3796**	0.2918*
WPop	0.0424 n.s.	-0.0346 n.s.	-0.0026 n.s.	0.0356 n.s.
Pop	-0.1068***	-0.0567 n.s.	0.1105 n.s.	-0.1027**
N/L	1.5099***	1.8620***	0.1167 n.s.	1.4279***
W(N/L)	-1.5378***	-1.4747***	-0.4730 n.s.	-1.7196***
B density	-0.1786***	-0.0641***	0.1515***	0.0338 n.s.
F density	-0.0287 n.s.	-0.0660 n.s.	0.3049***	0.2044***
NHF density	-0.0930 n.s.	-0.1362 n.s.	0.2404***	0.2724***
First stage Adj. R²				
Wh	0.93	0.92	0.64	0.52
(W+I)S	0.08	0.08	0.03	0.02
N/L	0.58	0.56	0.03	0.33
W(N/L)	0.85	0.81	0.28	0.57

***, **, *: significant at 1, 5, 10 percent.
n.s.: non significant.

On one hand, we can conclude that the global effect of the environmental variables in the western regions is dispersive in 1988 whereas in 2000 it is agglomerative: it seems that the Porter hypothesis thus dominates after the implementation of an environmental regulation. On the other hand in the rest of France, the environmental issue does not seem to play on the hog production in 1988 whereas in 2000, the global effect of the environmental variables entails a dispersal of the production: there is a gap in the time of the effects between the western regions and the rest of France.

Conclusion of chapter 5.

In this paper, we have proposed a theoretical analysis in order to explicit how the hog producer' location affects production and an econometric study taking into account different bias which are left aside in the literature.

Our theoretical model highlights the role potentially very important of the upstream and downstream sectors and the information spillovers. Furthermore, to identical technology between producers, the environmental constraints seem to have a dispersive effect on the production porcine. The empirical analysis on French data in 1988 and 2000 confirms but also qualifies these predictions of the theoretical model.

Concerning the access to the downstream sector, we indeed find the strong role of slaughterhouses and on the other hand the absence of role of the final demand. The structuring of the upstream sector plays a positive role on the agglomeration but it takes particular forms. First of all contrary to what was observed in the United States (Roe *et al.*, 2002), the accessibility to the cereal surfaces plays no role. Only the location of the industrial producers of food tends to strengthen the agglomeration of the hog production. This effect plays only by differentiating Brittany with regard to the other French regions. Indeed, it distinguishes the location in Brittany with regard to the other regions but doesn't play any role inside these regions. The spillovers play a significant role both in 1988 and in 2000 which explain a wide share of the hog concentration. If its role appears of the same scale as those played by the downstream or upstream relations in 1988, the intensification of this effect makes it dominant on two others in 2000. Therefore, in 2000, the effect of spillovers is twice superior to the effects of the downstream and upstream markets. All these effects (upstream, downstream and spillovers) explains the strong tendency to the hog agglomeration.

The effect of the environmental variables seems more complex. The role of the resident population plays well as a dispersive strength. As the regulations imposing that the setting-up of new pigsties was the object of a public survey, the resident population influences the new setting-up. In Europe, the environmental regulation passes essentially by a manure spreading quota and thus dependent on the ground. This regulation has apparently an ambiguous role. When the availability of the spreading surfaces in the surrounding cantons is reduced, this regulation plays a dispersive role of the hog production. This environmental constraint has an inverse effect when it plays only locally. Indeed even a weak local availability of spreading area is translated by an intensification of the agglomerative effect. To explain this fact which contradicts our theoretical predictions, it is necessary to take into account the modification of technology which the environmental constraint can induce at the local producer's. Thus, we find there the consequences of Porter hypothesis. Taken globally, the dispersive effect of the environmental regulations dominates the agglomerative local effect and appears strengthened by the repulsive effect of the population.

This global dispersive effect which already characterized the western regions in 1988 characterizes now the other French regions until then saved. Within the regions where concentrates most the porcine production (western regions), it needs to note that the environmental constraint seems in 2000 to be more translated by an agglomerative effect than a dispersive one. Finally, everything takes place as if the environmental constraint incited well to the dispersal of the hog production when the technology is homogeneous, on the other hand it incites the most efficient producers to modify their technology and so to face the regulations while continuing to agglomerate the production.

Further research include a model with heterogeneous technologies and more possibility to open the technical externalities black box, which would allow disentangling the effects of

improvements of production techniques, of manure treatment improvement technique and sharing of manure treatment solutions.

CHAPITRE 6

AGGLOMERATION EXTERNALITIES AND TECHNICAL EFFICIENCY IN FRENCH PIG PRODUCTION⁴⁹

ABSTRACT.

The objective of the paper is to assess the effects of spatial agglomeration on technical efficiency of French pig farms. We use a two-stage method with the first stage consisting in calculating pig activity's efficiency scores with the non-parametric Data Envelopment Analysis (DEA) method, and the second stage being a regression of these scores on agglomeration variables. Data consist in 936 French pig producers in 2004. Results suggest that these farms were as much affected by positive agglomeration externalities (in the form of knowledge spillovers due to farms' density, and arising from farms' closeness to downstream market) as any other businesses. Our analysis also sheds light on the specificity of the sector, namely that environment pressures can force pig farmers to be more efficient, an effect that may be counteracted when legal dispositions relating to manure spreading are too stringent.

KEYWORDS: Technical efficiency; Data Envelopment Analysis; Agglomeration; Environmental regulation; Hog production; France.

JEL CODES: Q12; R3

⁴⁹ This paper is co-authored with L.Latruffe. It is submitted for the second time to *International Regional Science Review* after revision.

Agglomeration economies are an increasing function of the number of firms and a decreasing function of distance between them. The presence of specialized local markets for labor, the links with upstream and downstream sectors, amongst other things can cause some concentration phenomena. The most frequently cited sources of positive agglomeration externalities are knowledge spillovers, specialized labor supply, demand matching, and input sharing (Duranton and Puga, 2004). These mechanisms can create some increasing external economies of scale producing agglomeration and can be divided into pecuniary and technical externalities. On one hand, pecuniary externalities can be imparted to farms by price effects, which represents links for (downstream or upstream) market. On the other hand, technical externalities can result from the diffusion of information and knowledge through producer organizations or from a higher quality available labour force. Thus, these pecuniary or technical externalities can affect location and production decisions. Although previous literature provides evidence of how agglomeration economies can have positive effects on the technical efficiency of an industry, the specific issue of agglomeration effects on technical efficiency in agriculture has rarely been investigated. Cohen and Morrison Paul (2005) have provided evidence of cost economies associated with localization and agglomeration for food manufacturing firms in the United States (US). However, the effects of agglomeration on technical efficiency itself in agriculture have only been investigated by Tveteras and Battese (2006) for aquaculture. Our paper will contribute to this thin literature, focusing on pig production, an interesting sector to study, as it might be subject to both positive and negative externalities implied by spatial concentration.

The organization of pig production has considerably evolved since the 60s in different countries such as Canada, Denmark, France, Germany and the US. The productivity of pig producers has substantially increased and, in parallel, pig production has become more and

more spatially concentrated. Our study focuses on French production, where the dynamism of the sector, as in other countries such as Denmark for example, was driven by producers' groups, marketing and technical cooperatives among producers. French producers' groups marketed as much as 90 percent of the production in 2000 against 31 percent only in 1972. Following the creation of these producers groups facilitation commercialization, the pig production in France increased from 1.1 million tons in 1962 to 1.5 in 1985 and 2.3 in 2000, and from the 80s onwards the farms steadily expanded their size. Small farms are disappearing gradually: they were 250,000 in 1969 against 65,000 in 2000. Pig farms of more than 100 sows, which were not numerous in the 60s, represented one third of all pig farms in 1988 and more than 70 percent in 2000. At the same time, there was a geographical concentration of the production, mostly in the West. Today the Western regions (Brittany, Pays de la Loire and Basse-Normandie) represent three quarters of the workforce in pig production. Brittany, in particular, accounted for 55 percent of this workforce in 2000, against 30 percent in 1969.

The French pork production has expanded during the last decades, while at the same time both structural and geographical changes have occurred. Today, pig farms have become more specialized and larger, and have become more and more concentrated in specific areas in order to benefit from a more favorable technical and economic environment and increased productivity. However, more recently concentration seems to have had harmful consequences. Intensive pig production causes pollution due to manure, and environmental regulations in France now require that pig producers spread their manure on a minimum area of land. The negative externality of pollution caused by larger farm agglomeration now implies increasing competition for land in pig production. Environmental pressures weigh more and more on the development and decisions of pig producers, and need to be taken into account in the analysis

of the impact of agglomeration on pig farm technical efficiency.

The objective of our paper is to assess the effects of agglomeration on the technical efficiency of French pig farms. For this, we employ the non-parametric Data Envelopment Analysis (DEA) to calculate farm efficiency scores in a first stage, and in a second-stage regression we investigate the impact of agglomeration based on theoretical expectations. Using data about pig activity for 936 French farms in 2004, our results show that farm technical efficiency is as much increased by agglomeration as it is the case for other businesses. Reasons may be knowledge spillovers, labor force matching and proximity to upstream and downstream market. By contrast, the analysis did not reveal some clear-cut conclusion regarding the sign of the agglomeration effects due to environmental pressures.

The paper is structured as follows. The next section explains our theoretical expectations. Section 3 describes the methodology, while section 4 presents the data used. Section 5 discusses the results and Section 6 summarizes them.

1. Background.

1.1. Agglomeration and productivity gains.

Productivity gains induced by the geographical concentration of firms are a standard result in the economic geography literature, which details the nature and sources of these positive externalities. Explanations are derived from Marshall's externalities concept in the 20's, and suggest that producers within the same industry agglomerate to gain advantages that arise from localized knowledge spillovers, labor market pooling, and availability of specialized input and services (Fujita and Thisse, 2002). The underlying microeconomic mechanisms of

agglomeration are sharing, matching, and learning processes (Duranton and Puga, 2004), which generate increasing external economies of scale that cause agglomeration. Positive spatial externalities in pig production may arise from access to input (e.g. feed processing plants and veterinary services), from diffusion of information and knowledge through producer organizations and farming extension services, and from the pooling of skilled workers for the pig production activity. During the last decades, although a profusion of theoretical analyses (from Henderson, 1974, to Fujita and Thisse, 2002) have considered agglomeration externalities as an explanation of productivity gains, empirical studies have appeared only lately to confirm these expectations. The existing empirical literature about the link between firm agglomeration and firm productivity has been comprehensively reviewed in previous surveys by Rosenthal and Strange (2004) or Henderson *et al.* (2001) among others. Econometric studies of the effects of agglomeration on productivity have been conducted almost exclusively for manufacturing industries and have relied on production function estimation on aggregate data. Findings include, for example, that the clustering of similar firms may improve labor market matches due to larger and higher quality pool of workers (“labor pooling” described by Henderson, 2003), that the positive spatial spillovers from labor imply more efficient production when it is spatially concentrated (e.g. Ciccone and Hall, 1996) or that the proximity to input suppliers and to output purchases induced productivity gains (e.g. Morrison Paul and Siegel, 1999).

Within this empirical literature, the specific issue of agglomeration effects on technical efficiency in pig sector has never been investigated. The main references related to agriculture to this day are the paper by Cohen and Morrison Paul (2005), about food manufacturing, and the study by Tveteras and Battese (2006), which deals with aquaculture.

Cohen and Morrison Paul (2005) evaluate the cost economies arising from agglomeration and examine their impact on the location decisions in the food manufacturing sector. Estimating cost and input demand equations using data of food processing industries in 48 contiguous states in the US, the authors measure agglomeration economies. In order to evaluate the benefits (or cost) of proximity, the authors integrate, as proxies for agglomeration (spatial and industrial) externalities, the food processing industry output in neighboring states, the own-state output, and the accessibility to agricultural input. The authors find that diverse cost economies across the food manufacturing processors in the US states are substantive but differ across the regions and give motivations on the margin of location decisions.

This article is the first one to study the issue of agglomeration related to the agricultural sector, but uses aggregated data. However, as underlined by Rosenthal and Strange (2004), the main challenge in spatial economics is to go beyond the analysis of economic agglomeration based on data that are geographically aggregated, and to estimate the benefits of agglomeration in terms of economic performance at the plant level.

In this respect, Tveteras and Battese's (2006) study is a cornerstone paper for the agricultural sector. The authors examine the influence of agglomeration externalities at the regional level on the productivity of Norwegian salmon farming. Estimating a stochastic frontier production function on an unbalanced sample of 577 salmon farms during the period 1985-1995, the authors distinguish between the effects on the production possibility frontier (the hypothesis being that information spillovers lead to technological progress) and on the technical inefficiency (the hypothesis being that knowledge spillovers enable farms to reduce their optimization errors). In their econometric model, the authors integrate two explanatory variables, namely regional size of industry and regional density of farms, in order to investigate how agglomeration externalities influenced technological change as well as

technical efficiency. They find that an increase of industry regional size leads to technological progress, and that farms located in regions with larger industry are more technically efficient. On the other hand, farm regional density has a negative effect on the shift of the frontier, but a positive effect on technical efficiency. The authors conclude that there are positive externalities due to the transfers of knowledge and to an increased supply of specialized production factors, but negative externalities of congestion through fish diseases.

In this paper, as in the study by Tveteras and Battese (2006), we will use farm-level data to investigate the link between agglomeration and farm technical efficiency. Our contributions are twofold. Firstly, we will use another method than Tveteras and Battese, namely DEA, in order to calculate scale efficiency in addition to technical efficiency. Secondly, we will account for the effect of environmental regulations on efficiency.

1.2. Environmental regulations and pig production.

The agglomeration of livestock production induces negative environmental externalities in the form of water, soil and air pollution. In France in particular, increased pollution created by livestock farms agglomeration has prompted the government to issue environmental regulations requiring that manure must be spread on cropland with a specific threshold per hectare. Other regulations relate to farm expansion limits and time limits to spread the manure, in a view of reducing negative externalities on the local population, related to odors and other ambient effects. Such regulations may have two opposite effects on pig producers' performance.

On the one hand, regulations create incentives for livestock producers to reduce their production and rationalize their input use, in order to decrease the amount of manure

produced. This has been firstly formulated by the Porter's hypothesis, which argues that 'environmental regulations might lead to improved competitiveness' (Porter and Van der Linde, 1995). Indeed, if farms face no constraint, they may not feel the pressure to change their input choice decisions or input-output combination and may thus remain inefficient. Evidence of this effect is given by Piot-Lepetit and Le Moing (2007), who analyze the relationship between technical efficiency and environmental regulation in the French pig sector over a 5-year period (1996-2001). The authors find that the relationship is positive, highlighting the absorption of inefficiency due to changes in the production process. In Taiwan, Yang *et al.* (2008) also investigate the impact of environmental regulations for 31 swine farms in 2003-2004, following the 1987 governmental law that limits the level of pollutants in wastewater from pig farms. Results show however, no clear conclusions regarding the impact of this law on pig farms' technical efficiency.

On the other hand, regulations may decrease pig farms' performance. One reason is that regulations may imply increasing competition for land: the quantity of manure produced increasing with pig production, farmers must spread larger levels of manure while land is a limited resource. Le Goffe and Salanie (2005) give evidence of this increased competition for land, as they show, theoretically and empirically in Brittany, that land prices increase with pig density. They explain these results by the capitalization in land prices of the manure quota, that is to say the authorized limit of nitrogen. The local population may also add to environmental pressures on pig farms, as urbanization creates an additional competition for land. Another reason for reduced performance on pig farms is that producers may have to spread the manure in more and more distant land if the land availability around them is limited. This may result in sub-optimal input allocation, in terms of conflicting labor tasks or machinery uses, and therefore in lower efficiency. This effect would be more and more

pronounced with more and more stringent regulation. On this matter, Metcalfe (2001) analyzes the effect of state water quality regulatory stringency on pig production in the US. The author points out that environmental compliance costs are significant for small pig farms, while production on large farms does not appear to be influenced by the level of environmental stringency.

Based on existing literature and background of the pig sector in France, we formulate three theoretical expectations.

1) The agglomeration of farms has a positive influence on their technical efficiency, in the way that farmers' spatial proximity facilitates their relationships, and may create knowledge spillovers (information, social capital, etc.) and matching labor force possibilities.

2) Farms' closeness to upstream and downstream sectors has a positive influence on technical efficiency. Concentration of the pig sector is largely due to integrations which are as much horizontal as vertical. Vertical integration means that several processes (from production to commercialization) may be realized on the same place: producers' groupings have often their own slaughterhouses and many spatial linkages with input suppliers. We expect that better market access increases technical efficiency because of input sharing (upstream sector: industrial or non-industrial pig feed) and demand matching (downstream sector: capacity of slaughtering houses).

3) The first two expectations deal with positive externalities from agglomeration. Agglomeration may also give rise to negative externalities, in the form of pollution, to which the French government responded with environmental regulations. As explained above, the effect of such regulations on technical efficiency may be positive (Porter's hypothesis) or negative. Therefore, we do not have *a priori* expectation on the effect. We can only acknowledge that agglomeration, while it may have a positive (direct) effect on farm

efficiency (hypotheses 1 and 2), may also have a negative (indirect, through regulations) effect.

2. Methodology.

The concept of efficiency relates to the distance of a firm to the production frontier. Technical efficiency refers to a physical notion, independent of input and output prices as well as the availability of inputs⁵⁰. It indicates whether a firm is able to attain the maximum outputs from a given set of inputs. Clearly, the closer a firm operates to the frontier, the more technically efficient it is. Measuring efficiency implies therefore measuring the potential input reduction or potential output increase, relative to a reference. A crucial issue is therefore to define this reference, that is to say, to construct the efficient frontier. For this, parametric and non-parametric methods are available to researchers. Both methods have advantages and shortcomings (see Murillo-Zamorano, 2004, for a review of both methods). In this paper, we use a non-parametric approach to define the frontier. Rather than specifying a production function with parametric methods, we construct the frontier in the output-input space by enveloping all observations of our sample. This choice is partly based on the fact that existing literature on agglomeration effects in agriculture (Cohen and Morrison Paul, 2005; Tveteras and Battese, 2006) has used parametric (stochastic) methods only; our non-parametric analysis will thus help confirm or infirm results of this literature. Another reason is that non-parametric methods allow disentangling technical inefficiency *per se* (the so-called “pure” technical efficiency) from scale inefficiency, that is to say inefficiency that arises from sub-optimal production scale. Our intention is to assess whether agglomeration externalities

⁵⁰ In opposition, a firm is allocatively efficient if its outputs and inputs maximize its profit (or minimize its cost) at given prices.

influence both types of efficiency. In order to investigate the impact of agglomeration externalities on technical (and scale) efficiency of pig farms, our analysis is carried out in two stages. In the first stage we calculate efficiency scores for each farm, while in the second stage we analyze the determinants of these scores.

2.1 First stage: calculation of technical efficiency.

In the first stage, the non-parametric method DEA is used to calculate farm technical efficiency. Based on the distance concept of Farrell (1957), DEA constructs with linear programming a piece-wise frontier with the sample's best performing data points, so that all observations of the sample lie on or below this efficient frontier (Charnes *et al.*, 1978). The distance from a firm to the frontier enables to calculate its efficiency score, which lies between 0 and 1. Higher scores indicate larger efficiency, while a firm located on the frontier is identified as totally efficient and is attributed an efficiency score of 1. As mentioned above, DEA allows the partition of technical efficiency (then called "total" technical efficiency) into pure technical efficiency and scale efficiency. Total technical efficiency is calculated assuming that firms operate under constant returns to scale (CRS). By contrast, the term pure technical efficiency is used when computing efficiency under variable returns to scale (VRS) and represents farming practices *per se*, regardless of the scale of production. The latter is assessed with the residual ratio between total (under CRS) technical efficiency and pure (under VRS) technical efficiency. This ratio represents the farm scale efficiency, and is also between 0 and 1. Farms operating at a suboptimal (too large or too small) scale of production have a scale efficiency score less than one, while farms with optimal scale have a score of 1. Figure 1 illustrates the concepts of technical and scale efficiencies. CRS and VRS frontiers are depicted in a one output-one input dimension. All farms located on the VRS frontier are purely technically efficient, that is to say they are fully efficient disregarding their operational

scale. This is the case of farms A and B, but not of farm C. In addition, farm A is located on the CRS frontier, indicating that, unlike B, it is totally technically efficiency that is to say it has an optimal scale. Distances to the frontier illustrate farms' inefficiency, but efficiency scores are calculated as ratios. Relating to Figure 6.1, total (i.e. under CRS) and pure (i.e. under VRS) technical efficiencies of farm C are given by equations (6.1) and (6.2). Scale efficiency is given by the ratio between total technical efficiency and pure technical efficiency; thus, on the figure the scale efficiency score of farm C is given by equation (6.3). Equation (6.4) summarizes the link between the three types of efficiency.

$$\text{Total technical efficiency of farm C (under CRS)} = OcC'/OcC \quad (6.1)$$

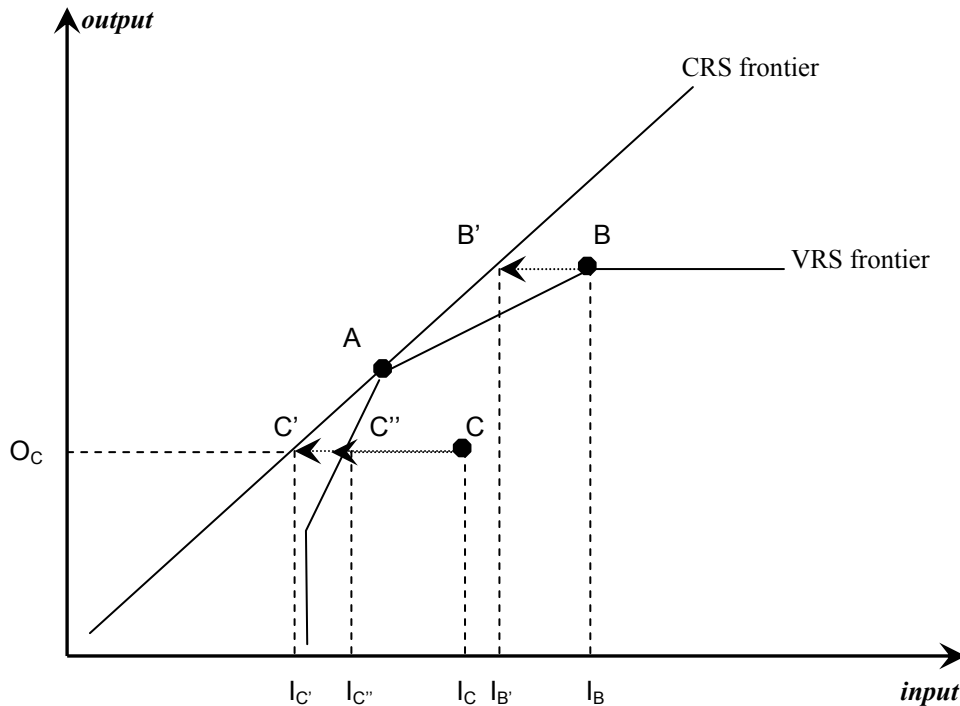
$$\text{Pure technical efficiency of farm C (under VRS)} = OcC''/OcC \quad (6.2)$$

$$\text{Scale efficiency of farm C} = OcC'/OcC'' \quad (6.3)$$

$$\text{Total technical efficiency} = \text{Pure technical efficiency} \times \text{Scale efficiency} \quad (6.4)$$

Moreover, with DEA it is possible to identify under which returns to scale farms operate. Farms may operate under CRS meaning that they are scale efficient (this is the case when the total technical efficiency score is equal to the pure technical efficiency score, the ratio between both being equal to 1), or, for those that are not scale efficient, may have decreasing (DRS) or increasing returns to scale (IRS), indicating respectively that they operate under too large or too small production scale.

Figure 6.1. DEA frontiers under CRS and under VRS.



Source: after Coelli et al., 2005 (Figure 6.3)

DEA has two alternative orientations: input and output. The input-oriented model calculates the proportional decrease in the use of inputs as output remains unchanged, while the output-oriented model computes the proportional increase in outputs that could be attained with constant inputs. We calculated efficiency scores using both orientations and found extremely similar results. We therefore present in this paper only results from the output orientation.

Our DEA model is multi-output and multi-input. The outputs and inputs included depend on the type of pig producer. Pig producers may be separated into three, e.g. as in Azzam and Skinner (2007), or more, e.g. as in Key and McBride (2007), types, depending on whether farrowing, feeding, weaning and finishing operations are carried out. In this paper, we follow Azzam and Skinner (2007) and assume that French pig producers can operate as a farrowing,

a finishing or a farrow-to-finish operation. Farrowing farms manage sows to produce small weanling pigs that are then sold after weaning, finishing farms obtain weanling pigs outside the farms and breed them to the slaughter weight, and farrow-to-finish farms farrow and finish pigs to the slaughter weight. The three types of farms differ in their production technologies, implying different inputs and outputs. Farrowing farms' sole output is the number of piglets, while the number of swine is the sole output for finishing and farrow-to-finish farms. Regarding the inputs, the number of sows is an input for farrowing and farrow-to-finish farms, and the number of piglets is an input for farrow-to-finish and finishing ones. Other inputs, common to all three types of farms, include labor use, feed expenditures, depreciation, and other expenditures (energy, water, maintenance and repair, health expenditures, etc).

2.2 Second stage: impact of agglomeration on technical efficiency.

In the second stage, the efficiency scores obtained in the first stage are regressed on several explanatory variables capturing agglomeration economies. Standard in the efficiency literature, the second-stage's objective is to estimate the impact, on efficiency, of variables on which the farmer has no control. For example, in sectors such as hospital and transportation, these variables concern generally the type of firm (public or private), governmental regulations, location, etc. In agriculture, the variables used will be rather the location and socioeconomic variables (such as the age of the farmer), as well as other variables which represent the quality of the production factors when it is available.

Three types of econometric models are general used for the second-stage regression. The standard model used is Ordinary Least Squares (OLS). However, the bounded nature of DEA (bounded at 1) has prompted researchers to use other models that can take it into account. The

literature is however not clear whether the efficiency distribution is censored at one, in which case a Tobit model can be preferred (e.g. McCarty and Yaisawarng, 1993; Davidova and Latruffe, 2007) or the distribution is truncated at 1, in which case a truncated regression may be used (e.g. Simar and Wilson, 2007; Bojnec and Latruffe, 2009). What is certain, however, is that both limited dependent models may bring some biases in the results (Greene, 2000). Therefore, in general, OLS are used when only a low share of farms are on the frontier, that is to say when the bounded character of the distribution is not pronounced. This is the case with our sample (see section with results), and thus an OLS regression is performed.

More specifically, the following model (equation 6.5) is used for the estimations:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 MF + \beta_2 (W_c + I)C + \beta_3 (W_s + I)S + \beta_4 D + \beta_5 E + \beta_6 WE + \beta_7 P + \beta_8 FF + u \quad (6.5)$$

where:

- Y is the farms' efficiency score, which is in turn total technical efficiency (model 1), pure technical efficiency (model 2) and scale efficiency (model 3).

- MF is the regional production of pig feed (million tons) used as a proxy of upstream sector to assess the influence of farms' closeness to this sector, and we expect it to be positive.

- $(W_c + I)C$ is the non-industrial pig feed availability (in squared kilometers of cereal fields) in the farms' own sub-county and in the neighboring sub-counties less than 100 kilometers away. For W_c , we use a distance decay function as, $\varphi_{ij} = d_{ij}^{-1}$, where d_{ij} is the physical distance in kilometers between capitals of county i and j , if the distance is below 100km, otherwise φ_{ij} is set to 0. $(W_c + I)C$ is a second upstream proxy that is also expected to have a positive influence on farm efficiency.

- $(W_s + I)S$ is the slaughtering capacity (in thousand tons of meat) in the farms' own sub-county and in the neighboring sub-counties. For W_s , we use an inverse distance matrix. For the cut-off, we consider the minimum distance ensuring that each observation has at least one neighbor. $(W_s + I)S$ proxies the sub-county's accessibility to slaughterhouses and represents the downstream sector effect (we assume that the production of pig farm cannot be sold directly to consumers), which we expect to be positive.

- D is the farms' county's density of pig farms (number of farms per hectare). It is a proxy for the agglomeration of farms, which we expect has a positive influence on technical efficiency, due to knowledge spillovers, matching labor force and input sharing possibilities.

- E is a proxy for environmental pressure in the farms' own sub-county, and WE is its spatial lag in the neighboring sub-counties less than 100 kilometers. The environmental proxy E is calculated as the ratio of nitrogen quantity discharged by all livestock in the farms' own sub-county over the available area for spreading manure (in kilograms per hectare). Values of E that are larger than the legally authorized limit of nitrogen (quota) of 170 kg/ha indicate that sub-counties are in excess and that their farmers need to find land in neighboring sub-counties to spread their manure. By contrast, lower figures indicate larger room for farmers located in this sub-county. Regarding its spatial lag WE , where we use a squared decay function with a cut-off of 100 kilometers (to take into account the high transport cost of manure), large values indicate an excess manure production in the farms' neighboring sub-counties, forcing farmers to travel far to spread their own manure. As explained above, the overall influence of the environmental proxy and its spatial lag is ambiguous, due to two possible and opposite effects.

- P is the farm sub-county's population (in thousand inhabitants), also proxying environmental pressure, as well as competition for land, and thus also expected to play a negative role on farm efficiency;

- FF is a dummy equal to 1 for farrow-to-finish farms and 0 for other types of farms;
- u is a normally distributed random term.

Agglomeration variables were tested at several administrative levels: municipality, sub-county (“Canton”), county (“Département”, level 3 of the European NUTS Classification), and region (“Région”, level 2 of the European NUTS Classification). The final variables retained for inclusion in the model, as explained in equation (4) above, are described and their links with our expectations given in section 4.1. We do not include other explanatory variables often included in efficiency studies (such as human capital variables), as they are available for very few observations only and this would reduce the number of observations in the regression to only a few farms.

The three sub-samples (farrowing, farrow-to-finish, and finishing-and-farrowing) were merged for this second-stage estimation, as carrying out the regression on each separately did not return any significant findings. The merged sample therefore consists of 936 farms, and in total three regressions have been carried out on the whole sample, depending on the dependent variable (model 1, model 2, model3).

3. Data.

This study employs farm-level data from a technical survey and a bookkeeping survey of pig farms carried out by the French Institute of the Pig Sector (IFIP) in 2004. Both surveys enclose a large range of data about outputs, inputs, management, as well as technical and social variables for a sample of about 3,600 farms (IFIP, 2006). Only farms that had non-missing and reliable information for the selected outputs and inputs are included in our DEA model. From this reduced sample of 936 farms, the three sub-samples (farrowing farms,

farrow-to-finish farms and finishing farms) are created, and one DEA frontier is constructed for each sub-sample.

43.1 percent of the whole sample's pig producers are located in Brittany and about 72 percent in Western regions (Brittany, Pays de la Loire, Basse-Normandie and Poitou-Charentes). Moreover, Midi-Pyrénées (in South East France) and the central regions (regrouping the three regions Centre, Limousin and Auvergne) gather respectively 8.4 percent and 9.3 percent of the sample farms. This is consistent with the location of pig production in France. Regarding the three orientations, 74 percent of the sample are farrow-to-finish farms (of which more than three quarters are located in Western regions), 9.5 percent are farrowing farms (concentrated more in Centre and Poitou-Charentes) and 16.5 percent are finishing farms (located mainly in Western regions).

Descriptive statistics of the three sub-samples' outputs and inputs used in DEA are presented in Table 6.1. These outputs and inputs are for the porcine activity only, even for farms not fully specialized in pig production. Farrow-to-finish farms use much more of any input than farrowing farms, which is consistent with the fact that input values are calculated with the average input use per livestock head times the number of heads. Among all three orientations, finishing farms used in general less input.

Table 6.1: DEA outputs and inputs: descriptive statistics of the three sub-samples.

	<i>Mean</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
<i>Farrowing farms (167 farms)</i>				
<i>Outputs</i>				
Number of piglets	2,178	1,411	536	8,537
<i>Inputs</i>				
Number of sows	106	61	32	401
Labor (hours)	1,450	754	395	4,698
Feed (euros)	26,106	15,786	827	85,746
Depreciation (euros)	6,353	6,552	11	39,835
Other expenditures (euros)	15,550	12,193	153	75,224
<i>Farrow-to-finish farms (605 farms)</i>				
<i>Outputs</i>				
Number of swine	2,031	1,014	380	5,987
<i>Inputs</i>				
Number of sows	116	49	33	318
Number of piglets	2,734	1,317	567	7,898
Labor (hours)	2,320	1,011	367	5,990
Feed (euros)	144,536	63,539	33,871	383,655
Depreciation (euros)	19,001	13,755	103	68,505
Other expenditures (euros)	33,127	18,053	2,311	102,066
<i>Finishing farms (164 farms)</i>				
<i>Outputs</i>				
Number of swine	1,796	1,336	315	8,334
<i>Inputs</i>				
Number of piglets	1,961	1,466	450	8,983
Labor (hours)	983	638	197	4,321
Feed (euros)	125,408	86,262	24,814	534,135
Depreciation (euros)	14,262	14,510	299	79,221
Other expenditures (euros)	14,740	15,060	1,428	128,356

For the second-stage regression of efficiency scores, agglomeration variables at different administrative levels are calculated with data from the 1999 Agricultural Census and data from other surveys, which give detailed information about farm environment and upstream and downstream sectors.

Table 6.2. Second-stage variables: descriptive characteristics of the whole sample (936 farms).

	<i>Mean</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
<i>(MF)</i> Regional production of mixed feed (million tons)	0.63	1.30	0.01	4.58
$((W_C + I)C)$ Sub-county's accessibility to non-industrial pig feed (square km)	54.05	35.10	4.37	222.19
$((W_S + I)S)$ Sub-county's accessibility to slaughtering capacity (thousand tons)	1.54	3.46	0	29.07
<i>(D)</i> County's density of pig farms (number/ha)	0.06	0.06	0	0.36
<i>(E)</i> Sub-county's quantity of nitrogen discharged by livestock (kg/ha)	105.88	53.47	0.85	246.63
<i>(WE)</i> Spatial lag of sub-county's quantity of nitrogen discharged by livestock in nearest sub-counties	91.52	41.93	9.42	199.29
<i>(P)</i> Sub-county's population (thousand inhabitants)	9.37	8.38	0.95	151.28
<i>(FF)</i> Dummy for farrow-to-finish farms	0.65	0.48	0	1

4. Empirical results.

4.1. Total technical efficiency and its components.

Descriptive statistics of total technical, pure technical and scale efficiency for the output-orientation are presented in Table 6.3. Due to the way DEA constructs the efficient frontier, the maximum score within the sample is unity for each DEA model. Therefore, only minima are reported in this table. The share of farms with efficiency score of unity, that is to say on the frontier, is also presented. Total technical efficiency scores are on average between 0.82 and 0.89, depending on the sub-sample. For example, the finishing sample has an average total technical efficiency score of 0.89. This score indicates that these farms can increase their outputs by 11 percent on average (difference between 1 and total technical score) and still use the same level of inputs. Despite this potential output increase, this sub-sample is the most efficient on average, in terms of total technical efficiency and pure technical efficiency. This suggests a larger homogeneity in farming practices within this sub-sample compared to the other two. Scale efficiency is high and similar for all specializations, with sub-sample's averages between 0.97 and 0.98. Total technical efficiency being the product of pure technical efficiency and scale efficiency, scale efficiency scores that are higher than pure technical efficiency scores indicate that the main source of inefficiency is sub-optimal scale. Indeed, the potential total output increase is given by:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Total potential output increase} \\
 & = (1 - \textit{Total technical efficiency score}) \\
 & = (1 - \textit{Pure technical efficiency score}) \times (1 - \textit{Scale efficiency}) \qquad (6.4)
 \end{aligned}$$

Table 6.3. Descriptive statistics of DEA efficiency scores.

	<i>Mean</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Minimum</i>	<i>Share of farms with efficiency score of 1 (%)</i>
<i>Total technical efficiency</i>				
Farrowing farms (167 farms)	0.82	0.13	0.43	13.2
Farrow-to-finish farms (605 farms)	0.82	0.12	0.39	5.6
Finishing farms (164 farms)	0.89	0.08	0.53	9.1
<i>Pure technical efficiency</i>				
Farrowing farms (167 farms)	0.85	0.13	0.45	22.2
Farrow-to-finish farms (605 farms)	0.84	0.12	0.44	9.6
Finishing farms (164 farms)	0.92	0.08	0.58	22.6
<i>Scale efficiency</i>				
Farrowing farms (167 farms)	0.97	0.06	0.60	14.4
Farrow-to-finish farms (605 farms)	0.98	0.03	0.74	12.9
Finishing farms (164 farms)	0.97	0.04	0.63	15.9

For the finishing farms for example, on average, the total potential output increase of 11 percent is due to a potential output increase of 8 percent coming from pure technical inefficiency and a potential output increase of 3 percent coming from scale inefficiency. This suggests that inefficiency due to sub-optimal scale is less than inefficiency due to farming practices per se (pure technical efficiency). The same conclusion applies to the other two sub-

samples. Farrow-and-finish farms have the lowest average of pure technical efficiency, possibly be due to the dual activity carried out on them, which may imply conflicts in input use. However, they have the similar scale efficiency average, suggesting similar space for scale economies. This partly confirms Azzam and Skinner's (2007) findings for US hog production based on multistage cost estimations. The authors find that between 1988 and 1996, compared to stand-alone (farrowing or finishing) operations, joint farrowing and finishing operations imply scope economies, but that the latter cannot offset scale diseconomies at each operation level.

The shares of farms operating under CRS (i.e. scale efficient), IRS and DRS, presented in Table 4, indicate that the majority of farms operated at sub-optimal size, particularly in the breeding-and-fattening sub-sample: only 14.38 percent farms were scale efficient, against around 15 percent in the two other sub-samples. More than three fifths of both breeding sub-samples (only-breeding and breeding-and-fattening) operated under IRS, that is to say farms were too small, suggesting that these orientations could gain efficiency by increasing their size.

Table 6.4. Shares of farms operating under CRS, IRS and DRS (%).

	<i>CRS</i>	<i>IRS</i>	<i>DRS</i>
Only-breeding farms (167 farms)	14.97	71.86	13.17
Breeding-and-fattening farms (605 farms)	14.38	64.63	20.99
After-weaning-and-fattening farms (164 farms)	15.85	23.17	60.98

4.2. *The impact of agglomeration on farm efficiency.*

Table 6.5 reports the estimation results (coefficients and elasticities) based on the model described by equation (6.5). They show that the farrow-to-finish orientation is the least efficient in terms of total and pure technical efficiency, as the coefficient for the dummy variable is negative and significant (at 1 percent) in models 1 and 2. However, this sub-sample has no superiority in terms of optimal scale of production, as no significant influence of the dummy variable on scale efficiency is identified (model 3). This confirms findings from Table 6.3.

Regarding agglomeration effects, results in Table 6.5 suggest that they are present at various administrative levels and validate our theoretical expectations.

- 1) Our first theoretical expectation is confirmed, as county's pig farm density has a positive and significant influence on total and pure technical efficiency⁵¹. This suggests that proximity of farms increases knowledge spillovers, and is consistent with the study by Tveteras and Battese (2006) on salmon farms.
- 2) Our first theoretical expectation is confirmed, as county's pig farm density has a positive and significant influence on total and pure technical efficiency⁵². This suggests that proximity of farms increases knowledge spillovers, and is consistent with the study by Tveteras and Battese (2006) on salmon farms.

⁵¹ We tested the same three models using the sub-county's density of pig farm and its spatial lag instead of the county's density of pigs, and obtained the same findings.

⁵² We tested the same three models using the sub-county's density of pig farm and its spatial lag instead of the county's density of pigs, and obtained the same findings.

Table 6.5. Influence of agglomeration on efficiency: results of the three OLS regressions (models 1, 2 and 3).

	Regression on total technical efficiency (model 1)		Regression on pure technical efficiency (model 2)		Regression on scale efficiency (model 3)	
Intercept	0.83480	***	0.87697	***	0.95183	***
(<i>MF</i>) Regional production of mixed feed (million tons)	- 0.00471		- 0.00378		- 0.00091	
	- 0.00356		- 0.00279		- 0.00059	
($(W_C + I)C$) Sub-county's accessibility to non-industrial pig feed (square km)	0.00032	**	0.00021		0.00013	***
	0.02069		0.01323		0.00721	
($(W_S + I)S$) Sub-county's accessibility to slaughtering capacity (thousand tons)	0.00253	*	0.00239	*	0.00023	
	0.00466		0.00429		0.00036	
(<i>D</i>) County's density of pig farms (number/ha)	0.44542	***	0.40592	***	0.04661	
	0.03296		0.02927		0.00296	
(<i>E</i>) Sub-county's quantity of nitrogen discharged by livestock (kg/ha)	0.00041	**	0.00036	**	0.00006	
	0.05194		0.04445		0.00652	
(<i>WE</i>) Spatial lag of sub-county's quantity of nitrogen discharged by livestock in nearest sub-counties	- 0.00078	***	- 0.00080	***	0.00002	
	- 0.08541		- 0.08538		0.00188	
(<i>P</i>) Sub-county's population (thousand inhabitants)	0.00104	**	0.00095	**	0.00017	
	0.01165		0.01038		0.00163	
(<i>FF</i>) Dummy for farrow-to-finish farms	- 0.04157	***	- 0.04789	***	0.00444	
	- 0.03215		- 0.03610		0.00294	
Number of observations	936		936		936	
R-Square	0.0639		0.0629		0.0233	
Moran's I	- 0.00503		- 0.00530		- 0.00083	

***, **, *: significance at 1, 5, 10 percent respectively.

Elasticities in italic.

- 3) Our first theoretical expectation is confirmed, as county's pig farm density has a positive and significant influence on total and pure technical efficiency⁵³. This suggests that proximity of farms increases knowledge spillovers, and is consistent with the study by Tveteras and Battese (2006) on salmon farms.
- 4) The second theoretical expectation regarding market access is confirmed for the downstream market: the accessibility to slaughterhouses has a positive and significant impact on technical efficiency. Regarding the upstream market, although regional production of mixed feed has no significant impact, available non-industrial pig feed plays a positive role, as expected. The positive coefficient of farm density additionally validates the positive agglomeration effect on input sharing. Due to sub-county differences in the accessibilities of inputs, the production frontiers may be specific. The easier access to corps or harbours can be assimilated to a conspicuous source of geographical specific production possibilities. If farms in one sub-county due to agglomeration have access to inputs that are not or less available to farms in another sub-county, then technically efficient firms in the former region are more productive than technically efficient firms in the latter region.
- 5) Regarding the effect of environmental regulations, the sign is ambiguous and we had no *a priori* expectation. The theoretical ambiguous effect is confirmed by ambiguous findings. On the one hand, the quantity of nitrogen discharged per hectare in the farms' own sub-county has a significant positive effect on technical efficiency, indicating that in sub-counties where pollution is much higher than the authorized level, farms are more efficient. This is opposite to the expectation that increased competition for land may constrain farmers' production decisions. Instead, our findings indicate that environmental constraints force farms to rationalize their production, confirming Porter's hypothesis. The

⁵³ We tested the same three models using the sub-county's density of pig farm and its spatial lag instead of the county's density of pigs, and obtained the same findings.

positive and significant coefficient of the population in the sub-county where the farm is located suggests neighborhood pressure also forcing farms to adopt efficient production decisions. However, on the other hand, the spatial lag of the nitrogen quantity ratio negatively influences farms' technical efficiency, suggesting that traveling to further arable fields to spread their manure constrains farmers in their input decisions, giving support for the negative impact of the regulation stringency on farm performance.

Spatial autocorrelation may affect the regression results. For this reason, we used Moran's I test to analyze the spatial clustering of each variable used in the regressions and to evaluate regression residuals. Spatial autocorrelation measures the extent to which the occurrence of an event in an areal unit is linked to the occurrence of an event in a neighboring areal unit: If there is any systematic pattern in the spatial distribution of a variable, it is said to be spatially autocorrelated (Cliff and Ord, 1981). We used first-order neighborhood structure such that only spatial units that shared a common boundary were considered as neighbors. A value above the theoretical mean of $-1/(n-1)$ indicates positive spatial autocorrelation while a value below indicates negative spatial autocorrelation. The spatial distribution of the variable values is predictable when autocorrelation values were significant at 5% level. The inference was based on the normality assumption. The results indicate that the null hypothesis of a random spatial distribution cannot be rejected: the test indicate an absence of spatial autocorrelation in our regressions, and thus a spatial independence of observations.

Table 6.5 indicates that there is no agglomeration effect on scale efficiency, except for sub-county's availability of non-industrial feed. This might be explained from a methodological point of view: scale efficiency scores are very high for most of the farms, and therefore the variation in the dependent variable might not be sufficiently large. Another explanation might

be that farm individual characteristics, in particular the initial size, influence scale efficiency more than aggregate characteristics do. This is supported by Table 6.6, presenting the correlation coefficients between farms' utilized agricultural area and their three efficiency scores (total technical, pure technical, scale). This investigation was carried out on a reduced sample of 227 farms only (out of 936) as the land area was available for a limited number of farms. For this reduced sample, the average area is 85 ha, with a minimum of 0 ha and a maximum of 500 ha. Table 6.5 shows that the relationship between farm's area and scale efficiency is statistically significant. The coefficient is positive, suggesting that larger farms are more scale efficient.

Table 6.6. Correlation between farms' efficiency and utilized agricultural area (227 observations).

	Total technical efficiency	Pure technical efficiency	Scale Efficiency
Spearman coefficient	0.1156	0.0946	0.1487
Probability	0.0822 *	0.1553	0.0251 **

***, **, *: significance at 1, 5, 10 percent respectively

Conclusion of Chapter 6.

This paper investigated the impact of agglomeration on technical efficiency of French pig producers in 2004, using the non-parametric method DEA and a second-stage econometric regression. Results indicate that technical efficiency is affected by agglomeration in several ways. Agglomeration externalities that have a positive effect on farm technical efficiency are in the form of knowledge spillovers facilitated by the spatial proximity of farms, and in the form of closeness to upstream (in terms of accessibility to cereals) and downstream market (in terms of slaughterhouses capacity). An ambiguous impact was expected from environmental regulations relating to manure spreading, that could potentially constrain farmers in their production decisions and in their land demand. Our empirical results show that, on the one hand, regulations and local population pressure may force farmers to rationalize their production (Porter's hypothesis) and become more efficient. However, on the other hand, environmental regulations may also be too stringent and result in misallocation of inputs and lower efficiency.

Although our paper can be extended in different ways, our analysis is the first one that deals with the role of geographical concentration on farms' technical efficiency. It has shown that the theory applies as much as farms as other businesses, with farms' performance increasing with agglomeration because of knowledge spillovers, matching labor force and easier access to upstream and downstream sectors. It has also shed light on the specificity of this sector, namely the environmental externalities induced by agglomeration and the resulting governmental regulations possibly affecting farm's performance.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans cette thèse, nous avons exploré la question des déterminants de la localisation des productions agricoles à fortes contraintes environnementales en ne prenant pas en compte l'impact des subventions. Les activités agricoles non aidées sont généralement associées à des concentrations géographiques fortes et donc souvent caractérisées par des contraintes environnementales de degré relativement important. Les facteurs de localisation sont donc à la fois générateurs d'agglomération et de dispersion. Cet objectif a été réalisé en six chapitres.

Nous avons d'abord justifié pourquoi il nous a semblé important de prendre en compte les mécanismes abordés par l'économie spatiale. Les notions fondamentales ont été abordées, chacune apportant des informations particulières sur la façon d'appréhender la question. Dans un premier temps, l'apport des pionniers tels que von Thünen, Ricardo et Alonso a été présenté : la localisation d'une activité est liée tant à l'hétérogénéité des territoires et des techniques qu'à l'accès aux secteurs amont et aval et aux coûts de transport inhérents. Dans un second temps, le concept d'économies d'agglomération a été détaillé, en particulier, la typologie sur base microéconomique permettant de mettre en évidence les mécanismes associés. Cependant, c'est la combinaison de tous ces phénomènes qui apportent une véritable compréhension à la localisation des activités. C'est pourquoi nous avons dans un troisième temps souligné l'importance d'une étude simultanée de tous les acteurs influant sur le secteur pour la détermination de sa localisation. La prise en compte des mécanismes de la théorie de la localisation doit cependant s'adapter à l'agriculture qui n'est plus un secteur « traditionnel » tel que défini par Krugman (1991).

Dans le deuxième chapitre, nous avons donc mis le secteur agricole à l'épreuve de cette théorie. Tout d'abord, mettant en évidence les points déjà abordés dans la littérature, nous avons souligné l'importance du lien à la terre et des préoccupations environnementales qui infèrent sur la localisation de telles activités et donc sur les forces d'agglomération. Les méthodes d'estimation des économies d'agglomération ont été abordées afin de comprendre comment nous pouvions effectuer une application empirique de ces forces à partir de mécanismes théoriques. Si les mécanismes induisant les relations aux marchés semblent plus évidents à mettre en application, les mécanismes relatifs aux interactions non-marchandes sont quant à eux difficilement discernables en pratique. De plus, les mécanismes jouant un rôle au niveau agrégé sont-ils pertinents au niveau individuel ? Les premières études répondant à cette question nous ont permis d'avancer une méthode pouvant répondre à cette question.

Le cadre théorique et les outils mis à notre disposition ayant été précisé dans les deux premiers chapitres, nous avons réalisé dans le chapitre suivant une modélisation de la structure de production du secteur porcin afin d'évaluer si les débordements d'information et la réglementation environnementale influent, indépendamment l'un de l'autre, sur la concentration géographique de la production. Notre intérêt s'est porté sur ces deux modèles car nos applications empiriques ne permettaient pas de détailler les différentes répercussions de telles externalités. Les résultats de nos modèles ont montré l'impact agglomératif des interactions non-marchandes tandis qu'une régulation environnementale semblait au contraire disperser la production. Nous avons cependant noté que lorsque le nombre d'agriculteurs est endogène, les économies techniques n'incitent pas à une concentration géographique des individus mais à celle des productions. Ce résultat est cependant à approfondir du fait du type de structure spatiale que nous avons utilisé. De plus, la régulation environnementale lorsque

le nombre d'agriculteurs n'est pas fixé a bien un effet dispersif sur la production porcine et sur la concentration des agents mais n'a aucun impact sur la productivité ou la production individuelle. Ce résultat est notamment dû à l'homogénéité des technologies adoptées par les agriculteurs.

La suite de notre thèse s'organise autour de trois articles empiriques appliquant au secteur porcin les déterminants évoqués préalablement.

Les études sur données agrégées sont effectuées parallèlement sur les densités de production porcine du Danemark et de la France. Les analyses sont menées sur une unité géographique comparable, la municipalité pour le Danemark et le canton pour la France. Pour cela, nous utilisons les outils de l'économétrie spatiale afin de cerner au mieux les facteurs de localisation, en tenant compte d'une éventuelle autocorrélation spatiale, cependant la méthode d'estimation diffère quelque peu entre les deux applications. Dans un premier temps nous abordons les déterminants de la localisation porcine au Danemark en utilisant la méthode FGS2SLS, soit une méthode en variables instrumentales avec prise en compte de l'autocorrélation spatiale (dont la forme est spécifiée) et les hypothèses de la méthode des moments généralisés, ainsi que les caractéristiques spécifiques à ce pays. Dans un deuxième temps, nous analysons les facteurs de localisation en France grâce à la méthode SHAC qui utilise également la méthode des variables instrumentales mais en rendant les estimations robustes à la fois à une forme inconnue d'hétéroscédasticité et à une forme inconnue d'autocorrélation spatiale. L'étude sur données individuelles françaises a été menée grâce à la méthode d'enveloppement des données dans un premier temps permettant ainsi d'estimer l'efficacité technique des producteurs porcins selon l'orientation de leur production. Dans un deuxième temps, les économies d'agglomération et les contraintes environnementales ont été simplement régressées sur les performances des agents. Ces analyses ont alors mis en évidence trois résultats importants : l'importance des interactions non-marchandes, l'effet

positif des relations au marché et l'impact globalement négatif de la régulation environnementale. Ces résultats semblent robustes puisqu'ils ont été obtenus à l'aide de méthodologies différentes.

Les analyses empiriques sur données danoises agrégées en 1999 et 2004, sur données françaises agrégées en 1988 et 2000 et sur données françaises individuelles en 2004 confirment mais également nuancent les hypothèses faites jusqu'alors.

Concernant les interactions marchandes au niveau de l'aval, il semble que les abattoirs ont un impact positif sur la concentration des productions tandis que le rôle de la demande finale n'apparaît qu'au Danemark. Au niveau individuel, il semble que le lien au secteur aval a également un impact sur la performance individuelle. Au niveau de l'amont, les conclusions sont identiques pour les deux pays mais prend des formes particulières. Que ce soit au Danemark ou en France, l'accessibilité aux surfaces céréalières n'a aucun impact contrairement à ce qu'ont conclu Roe *et al.* (2002) pour les Etats-Unis. Seule la localisation des producteurs industriels d'aliments du bétail tend à renforcer l'agglomération de la production de porc. Cependant, au niveau individuel la production régionale d'aliments industriels n'a aucun effet tandis que l'accès aux surfaces céréalières a un impact positif sur la concentration spatiale.

Concernant les débordements d'informations nous observons que leur rôle est positif et significatif dans chaque pays, à tout niveau spatial, et explique une large part de la concentration spatiale. L'ensemble des effets des économies d'agglomération explique donc la forte tendance à l'agglomération de la production porcine.

L'effet de la régulation environnementale apparaît plus complexe. Le rôle de la population résidente joue bien comme une force de dispersion au niveau agrégé mais pas au niveau individuel. La réglementation imposant que l'implantation de nouvelles porcheries face

l'objet d'une « enquête d'utilité publique », la population résidente tend à ne pas vouloir de ces nouveaux arrivants craignant des nuisances olfactives notamment. En Europe, la régulation environnementale passe essentiellement par un quota d'épandage de lisier et donc s'avère dépendante du sol. Cette régulation a apparemment un rôle ambigu. Lorsque la disponibilité des surfaces d'épandage dans les unités spatiales environnantes est réduite, cette réglementation joue bien un rôle dispersif de la production porcine. Cependant cette contrainte environnementale a un effet inverse lorsqu'elle ne joue que localement : en effet, même une faible disponibilité locale en surface d'épandage se traduit par un renforcement de l'effet agglomératif. Pour expliquer ce fait qui contredit les prédictions théoriques il faut prendre en compte la modification de technologie que la contrainte environnementale peut induire chez les producteurs locaux (Porter, 1991). Pris globalement, l'effet dispersif de la réglementation environnementale domine l'effet agglomératif local. En outre, il est renforcé par l'effet répulsif de la population au niveau agrégé. Les résultats de la modélisation du troisième chapitre ont de plus évoqué l'absence d'effet de la réglementation environnementale sur la productivité : les résultats sur données individuelles prouvent que ces effets existent et ce en présence de technologies différentes.

L'ensemble de nos résultats confirme que les déterminants de l'agglomération des productions agricoles à fortes contraintes environnementales semblent être à la fois agglomératifs et dispersifs. Les techniques de l'économétrie spatiale permettent d'étudier ces interactions mais plusieurs pistes semblent pourtant pouvoir être explorées davantage.

Sur un plan théorique, la modélisation effectuée dans le troisième chapitre devrait développer également les effets des interactions marchandes. Dans le même ordre d'idée, il serait intéressant d'intégrer à notre modèle des technologies différentes, permettant de mettre en avant notamment l'influence de la réglementation environnementale. Enfin, afin de mieux aborder le rôle respectif de chaque facteur, un modèle regroupant toutes ces externalités

pourrait nous indiquer le poids de chaque déterminant ainsi que l'effet global. Le résultat serait alors plus proche des analyses empiriques effectuées.

Sur un plan économique, le résultat sur l'influence des réglementations environnementales obtenu dans les analyses empiriques peut être approfondi. Une solution consisterait alors à étudier plus en détails les différents coûts liés à cette réglementation et les possibles interactions non-marchandes qui peuvent baisser ces coûts. Elle ne peut cependant être mise en œuvre qu'en présence d'informations adéquates.

Ensuite, le fait d'assimiler les interactions non marchandes à un décalage spatial épuré ne nous a pas permis de détailler avec précision les mécanismes sous-jacents. Dans le secteur agricole, l'ouverture de la boîte noire des externalités peut se faire notamment par le biais de l'organisation de la production en groupements de producteurs. Dans la mesure où chaque groupement de producteur a une aire géographique de recrutement délimitée, nous pouvons envisager de pouvoir contraster, pour les périodes anciennes, les effets entre cantons couverts et non couverts et les effets selon le poids des fonctions attribuées au(x) groupement(s) présent(s). En effet, les groupements de producteurs ont vocation à couvrir tout ou partie des fonctions suivantes la fonction de commercialisation (les regroupements recouvrent toutes ces fonctions et la différenciation se ferait alors par la qualité de la fonction), la fonction de fournisseur d'inputs (à la fois combinant des effets marchand et non marchands) et la fonction d'appui technique.

Enfin, une voie de recherche future consiste à réévaluer l'ensemble des résultats obtenus sur des productions aidées par la Politique Agricole Commune. L'analyse des déterminants de la localisation des activités agricoles abordée dans cette thèse s'est attachée à des productions non liées à la Politique Agricole Commune de façon à prévoir quels seraient les impacts des réformes de cette politique sur les productions aidées. Ceci nous conduirait tout d'abord à mener des analyses identiques en incorporant le fait que ces productions sont subventionnées

par l'Union Européenne et si oui à quelle degré. De plus, il faudrait dans un premier temps s'attacher aux productions aidées de l'Ex-Union des quinze afin d'analyser dans quelle mesure les subventions entraînent des différences de déterminants de localisation. Dans un deuxième temps, l'élargissement aux Pays d'Europe Centrale et Orientale pourra rendre intéressant le développement des modèles de localisation agricole et ainsi mettre en avant une possible hétérogénéité Ouest-Est. Ces pays se situent en effet loin derrière les états membres de l'Union Européenne en termes de développement économique et leurs structures de production agricoles semblent représenter un retour dans le passé pour les exploitations agricoles occidentales : ainsi, en leur étude nous permettrait de cibler l'influence non historique d'une politique agricole sur la localisation des activités.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdalla C. W., Lanyon L. E., Hallberg M. C. (1995) What we know about historical trends in firm location decision and regional shifts: Policy Issues for Industrializing animal Sector, *American Journal of Agricultural Economics*, 77: 1229-1236.
- Aigner D. J., Lovell C. A., Schmidt P. (1977) Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Functions, *Journal of Econometrics*, 6: 21-37.
- Ali M., Chaudry M. A. (1990) Inter-Regional farm efficiency in Pakistan's Punjab: a frontier production function study, *Journal of Agricultural Economics*, 41: 62-74.
- Anselin L. (1988) *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
- Anselin L. (2003) Spatial externalities, spatial multipliers, and spatial econometrics, *International Regional Science Review*, 26: 153-166.
- Anselin L. (2006) Spatial Econometrics, dans: T.C. Mills and K. Patterson (Eds.), *Palgrave Handbook of Econometrics: Vol.1 Econometric Theory*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 1: 901-969.
- Arrow J. K. (1962) The economic implication of learning by doing, *Review of Economic Studies*, 29: 155-173.
- Audretsch D. B., Feldman M.P. (1996) R&D spillovers and the geography of innovation and production, *American Economic Review*, 86(3): 630-640.
- Azzam A., Skinner C.S. (2007) Vertical Economies and the Structure of U.S. Hog Farms, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 55(3): 349-364.
- Bannister G. J., Stolp C. (1995) Regional concentration and efficiency in Mexican manufacturing, *European Journal of Operational Research* 80: 672-690.
- Battese G. E., Coelli T. J. (1995) A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data, *Empirical Economics*, 20(3): 325-332.
- Bojnec S., Latruffe L. (2009) Determinants of technical efficiency of Slovenian farms, *Post-Communist Economies*, 21(1): 117-124.
- Bonnieux F., Le Goffe P., Vermersch D. (1995) La méthode d'évaluation contingente: application à la qualité des eaux littorales. *Economie et Prévision*, 117-118: 89-106.
- Boussard J.M. (1987) Le progrès technique et l'équilibre agriculture-industrie dans les modèles calculables d'équilibre général, *Economies et Sociétés*, 21(7): 7-36.

- Boussemart J. P., Dervaux B. (1994): Diagnostic de l'efficacité productive par D.E.A.: application à des élevages porcins, *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, 31: 44-58.
- Brümmer B. (2001) Estimating confidence intervals for technical efficiency: The case of private farms in Slovenia, *European Review of Agricultural Economics*, 28(3): 285-306.
- Butault J.P., Cyncinnatus M., Hassan. D. (1990). Les avantages comparés des agricultures européennes, *Économie Rurale*, 197: 15-21.
- Capt D., Schmitt B. (2000) Economie spatiale et agriculture: les dynamiques spatiales de l'agriculture contemporaine, *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 3: 385-406.
- Cavailhès J., Peeters D. (2007) Of Pigs and People, mimeo.
- Charlot S. (2000) Economic geography and public sector: from transportation infrastructure to tax competition (Economie géographique et secteur public: des infrastructures de transport à la concurrence fiscale), *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 1: 5-16.
- Charlot S., Duranton G. (2004) Communication Externalities in Cities, *Journal of Urban Economics*, 56 (3): 581–613.
- Charnes A., Cooper W. W., Rhodes E. (1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- Chipman J.S. (1965) A survey of the theory of international trade: part 1: the classical theory, *Econometrica*, 33: 477–519.
- Chishlom M. (1979) *Rural Settlement and Land Use*; 3rd Edition (Hutchinton, London).
- Ciccone A., Hall R.E. (1996) Productivity and the Density of Economic Activity, *The American Economic Review*, 86(1): 54-70.
- Cliff A.D., Ord J.K. (1981) *Spatial Processes: Models and Applications*, Pion.
- Coelli T., Rao D., O'Donnell C., Battese G. (2005) *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, second edition, Springer.
- Cohen J.P., Morrison Paul C.J. (2005) Agglomeration economies and industry location decisions: the impacts of spatial and industrial spillovers, *Regional Science and Urban Economics*, 35(3): 215-237.
- Combes P. P., Duranton G., Gobillon L. (2008) Spatial Wage Disparities: Sorting Matters!, *Journal of Urban Economics*, 63: 723-742.
- Combes P.P., Mayer T., Thisse J.F. (2007) *Economie Géographique: L'intégration des Régions et des Nations*, Economica.
- Cronon W. (1991) *Nature's Metropolis. Chicago and the Great West*, Norton & Co., New York.

- Daniel K. (2001) Localisation des productions agricoles et concentration géographique de la demande, *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurales*, 58-59: 131-167.
- Daniel K., Kilkenny M. (2002) Découplage des aides directes à l'agriculture et localisation des activités, *Economie Internationale*, 91: 73-92.
- Dansk Landbrug (2005) *Landøkonomisk Oversigt 2005*. Dansk Landbrug. København.
- Danske Slagterier (2007) *Statistik 2006*. Danske Slagterier, København.
- Daucé P., Léon Y. (2003) Analyse d'un Mécanisme de Polarisation Economique dans une Région Rurale. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*. V: 925-950.
- Davidova S., Latruffe L. (2007) Relationship between technical efficiency and financial management for Czech Republic farms, *Journal of Agricultural Economics*, 58(2): 269-288.
- De Palma A., Ginsburgh V., Papageorgiou Y.Y., Thisse J.-F. (1985) The principle of minimum differentiation holds under sufficient heterogeneity, *Econometrica*, 53: 767-781.
- Dora L. C., Kahn M.E. (2000) Power Couples: Changes In The Locational Choice Of The College Educated 1940-1990, *The Quarterly Journal of Economics*, 115(4): 1287-1315,
- Drabenstott M., Henry M., Mitchell, K. (1999) Where have all the packing plants gone? The new meat geography in rural America. *Economic Review*, 84(3): 65-82.
- Driffield N., Munday M. (2001) Foreign Manufacturing, Regional Agglomeration and Technical Efficiency in UK Industries: A Stochastic Production Frontier Approach, *Regional Studies*, 35(5): 391-399.
- Dumais, Guy, Glenn Ellison and Edward L. Glaeser. "Geographic Concentration As A Dynamic Process," *Review of Economics and Statistics*, 2002, v84(2,May), 193-204.
- Dunn E. S. Jr (1954) *The location of agricultural location* (university of Florida Press, Gainesville,FL).
- Duranton G. (1997) The New Economic Geography: Agglomeration and Dispersion, *Economie et Prévision*, 131(5): 1-24.
- Duranton G., Puga D. (2001) Nursery cities: Urban diversity, process innovation, and the life cycle of products, *American Economic Review*, 91(5):1454-1477.
- Duranton G., Puga D. (2004) Micro-foundations of urban agglomeration economies, dans: Henderson, J. V., Thisse, J.-F. (Eds.) *Cities and Geography. Handbook of Regional and Urban Economics*, 4: 2063-2117.
- Durlauf S. N. (2004) Neighborhood effects, dans: Henderson, J. V., Thisse, J.-F. (Eds.) *Cities and Geography. Handbook of Regional and Urban Economics*, 4: 2173-2242.

- Ellison G., Fudenberg D., Möbius M. (2004) Competing Auctions, *Journal of the European Economic Association*, 2(1): 30-66.
- Ellison G., Glaeser E. (1997). Geographic Concentration in U.S. Manufacturing Industries: A Dartboard Approach, *Journal of Political Economy*, 105(5): 889-927.
- Farrell M.J. (1957) The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A General*, 120(3): 253-281.
- Fingleton B., Le Gallo J. (2008) Estimating spatial models with endogenous variables, a spatial lag and spatially dependent disturbances: finite sample properties, *Papers of Regional Science*, 87(3): 319-339.
- Freeman A.M. (1993) *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Fried H. O., Schmidt S. S., Yaisawarng S. (1999) Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency, *Journal of Productivity Analysis*, 12(3): 249-267.
- Fujita M. (1989) *Urban Economic Theory. Land Use and City Size* Cambridge Univ. Press, Cambridge, MA.
- Fujita M. (1990) Spatial interactions and agglomeration in urban economics, dans: Chatterji, M. and Kuenne, R.E., Editors, 1990. *New frontiers in regional science*, Macmillan, London, 184–221.
- Fujita M., Thisse J.F. (1997) Economie Géographique; problèmes anciens et perspectives nouvelles, *Economies et Statistiques*, 45: 37-87.
- Fujita M., Thisse J.F. (2002) *Economics of agglomeration*, Cambridge University Press.
- Gaigné C., Goffette-Nagot F. (2008) Localisation des activités en zones rurales: que nous enseigne l'économie géographique ?, *Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement*, 87(2): 101-130, 2008.
- Giaoutzi M, Nijkamp P (1993) *Decision support models for regional sustainable development, an application of geographic information systems and evaluation models to the Greek Sporades Islands*, Avebury, England.
- Glaeser E. L. (1999) Learning in cities, *Journal of Urban Economics*, 46(2):254–277.
- Glaeser E. L., Kallal H. D., Scheinkman J. A., Shleifer A. (1992), Growth in Cities, *Journal of Political Economy*, 100: 1126-1152.
- Goldstein G. S., Gronberg T.J. (1984) Economies of scope and economies of agglomeration, *Journal of Urban Economics*, 16(1): 91–104.
- Goldstein G.S., Moses L.N. (1975) Transport controls, travel costs, and urban spatial structure, *Public Policy*, 23: 355-380.

- Gómez M. I., Zhang L. (2000) Impacts of concentration in hog production on economic growth in Rural Illinois: An econometric Analysis. *Paper presented at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting*, Tampa, Florida (U.S.A).
- Gorton M., Davidova S. (2004) Farm productivity and efficiency in the CEE applicant countries: a synthesis of results, *Agricultural Economics*, 30(1): 1-16.
- Greene W. (2000) *Econometric Analysis*, fourth edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Grenelle Environnement (2007) Rapport du groupe de travail n°4. [http://www.legrenelle-environnement.fr/grenelle-environnement/IMG/pdf/G4_Synthese_Rapport.pdf]
- Hansen J. (2002) Dansk svineproduktion – økonomisk betydning og miljømæssige problemer, Fødevarerøkonomisk Institut, Report no. 139.
- Helpman E., Krugman P.R. (1985) *Market Structure and Foreign Trade. Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Helsley R. W., Strange W. C. (1990) Matching and agglomeration economies in a system of cities, *Regional Science and Urban Economics*, 20(2): 189-212.
- Helsley R. W., Strange W. C. (2002) Innovation and Input Sharing, *Journal of Urban Economics*, 51(1): 25-45.
- Henderson J.V. (1974) The Sizes and Types of Cities, *American Economic Review*, 64(4): 640-656.
- Henderson J.V. (1988) *Urban development: Theory, fact and illusion*. Oxford University Press, New York.
- Henderson J.V. (2003) Marshall's scale economies, *Journal of Urban Economics*, 43: 1-28.
- Henderson J.V., Kuncoro A., Turner M. (1995) Industrial Development in Cities, *Journal of Political Economy*, 103: 1067-1085.
- Henderson J.V., Shalizi Z., Venables A. (2001) Geography and development, *Journal of Economic Geography*, 1(1): 81-105.
- Herath D. P., Weersink A. J., Carpentier C. L. (2005a) Spatial and Temporal Changes in the U.S. Hog, Dairy, and Fed-Cattle Sectors, 1975-2000, *Review of Agricultural Economics*, 27(1): 49-69.
- Herath D. P., Weersink A. J., Carpentier C. L. (2005b) Spatial Dynamics of the Livestock Sector in the United States: Do Environmental Regulations Matter? *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 30(1): 45-68.
- Herriges J. A., Secchi S., Babcock, B. A. (2005) Living with Hogs in Iowa: the Impact of Livestock Facilities on Rural Residential Property Values, *Land Economics*, 81(4): 530-545.

- Hirschman A. (1958) *The Strategy of Economic Development*, CT Yale University Press, New Haven.
- Holmes T. J. (1999) Localization of Industry and Vertical Disintegration, *Review of Economics and Statistics*, 81(2): 314-25.
- Hotelling, H. (1929) Stability in competition, *The Economic Journal*, 39: 41-57.
- Hubbell, B., Welsh R. (1998) An examination of trends in geographic concentration in U.S. hog production: 1974 to 1996, *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 30: 285-299.
- Huriot, J.M. (1994) *Von Thünen: économie et espace*, Economica (Prais, France).
- Hurter A.P., Martinich J.S. (1989) *Facility location and the theory of production*, Kluwer Academic, Boston MA
- IFIP (2002) *Livre blanc de la production porcine*, Institut de la Filière Porcine, France.
- IFIP (2006) *Le Porc par les Chiffres 2006*, Institut de la Filière Porcine, France.
- Innes R. (2000) The Economics of Livestock Waste and Its Regulation, *American Journal of Agricultural Economics*. 82 (1): 97-117.
- Isard W. (1956) *Location and Space Economy*, MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Isik M. (2004) Environmental regulation and the spatial structure of the U.S. Dairy Sector, *American Journal of Agricultural Economics*, 86(4): 949-962.
- Jacobs J. (1969) *The Economy of Cities* (New York: Vintage).
- Jaffe A., Trajtenberg M., Henderson R. (1993) Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations, *Quarterly Journal of Economics*, 108: 577-598.
- Jayet H., Puig J-P., Thisse J-F. (1996) La décentralisation de l'action publique, enjeux et problèmes, *Revue d'Economie Politique*, 106(1): 127-158.
- Jondrow J., Lovell C. A. K., Materov I. S., Schmidt P. (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model, *Journal of Econometrics* 19: 233-238.
- Jovanovic B. (1997) Learning and growth, dans: David M. Keps and Kenneth F. Wallis (eds.) *Advances in Economics and Econometrics: Theory and applications*, volume 2. Cambridge: Cambridge University Press, 318-339.
- Kelejian H. H., Prucha I. R. (2007) HAC Estimation in a Spatial Framework, *Journal of Econometrics*, 140(1): 131-154.

- Kelejian H. H., Prucha I. R. (1998) A generalized spatial two-stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17: 99-121.
- Kellerman A. (1977) The Pertinence of the Macro-Thünian Analysis, *Economic Geography*, 58(3): 255-264.
- Kellerman A. (1989a). Agricultural location theory, 1: Basic models, *Environment and Planning A*, 21(10): 1381-1396.
- Kellerman A. (1989b). Agricultural Location Theory, 2: Relaxation of Assumptions and Applications, *Environment and Planning A*, 21(11): 1427-1446.
- Key N., McBride W. (2007) The Changing Economics of U.S. Hog Production, Economic Research Report Number 52, ERS USDA, December.
- Kilkenny M. (1998) Transport Costs and Rural Development, *Journal of Regional Science*, 38(2): 293-312.
- Kilkenny M., Thisse J.-F. (1999) Economics of location: a selective survey, *Computers and Operations Research*, 26: 1369-1394.
- Konkurrencestyrelsen (2002) Fusionen mellem Danish Crown og Steff-Houlberg. Konkurrencestyrelsen.
- Kørnøv L., Christensen P. (2004) Opsamling af erfaringer med behandling af sager vedrørende husdyrprojekter efter VVM-reglerne, Danish Forest and Nature Agency, Danish Ministry of The Environment.
- Krugman P. R. (1991) Increasing returns and economic geography, *Journal of Political Economy*, 99(3):484-499.
- Krugman P. R., Helpman E. (1985) *Market Structure and Foreign Trade*, Cambridge MIT Press.
- Latruffe L., Balcombe K., Davidova S., Zawalinska K. (2004) Determinants of technical efficiency of crop and livestock farms in Poland, *Applied Economics*, 36(12): 1255-1263.
- Launhardt W. (1885) *Mathematische Begründung der Volkswirtschaftslehre*. Peipsiz.
- Laursen C. M., Hundahl L. S., Strandkov J. (1999) Vertical co-ordination in the Danish hog/pork industry. Centre for Market Surveillance, Research and Strategy for the Food Sector, Working Paper no. 61. Århus.
- Lawley C., Furtan H. (2008). The political trade-off between environmental stringency and economic development in rural America, *Journal of Regional Science*, 48(3): 547-566.
- Lawrence H.W. (1988) Changes in agricultural production in metropolitan area; *The Professional Geographer*, 40:159-175.

- Le Goffe P., Salanie J. (2005) Le droit d'épandage a-t-il un prix? Mesure sur le marché foncier, *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, 77: 36-63.
- Leamer E. (1987) Paths of Development in the Three-Factor, n-Good General Equilibrium Model, *Journal of Political Economy*, 95(5): 961-99.
- Leamer, E.E., M. Storper. 2001. The Economic Geography of the Internet Age. *Journal of International Business Studies*. 32(4): 641-666.
- Lemoine W. (2002) Forsyningskæde for grovarebranchen Aktieselskabet Korn- og Foderstof Kompagniet – et casestudie. Center for Anvendt Logistik og Transportforskning, Notat nr. 5. Padborg.
- Lemoine W., Ragus L. C., Christensen J. M. (2002) Forsyningskæder I forandring – konsekvenser for logistic og transport. Center for Anvendt Logistik og Transportforskning, Notat nr. 4. Padborg.
- LeSage J.P., Pace R. K. (2008) Spatial Econometric Modeling Of Origin-Destination Flows, *Journal of Regional Science*, 48(5): 941-967.
- Lucas, R. E. Jr (1988) On the mechanics of economic development, *Journal of Monetary Economics*, 22(1):3-42.
- Managi S. (2004) Competitiveness and environmental policies for agriculture: testing the Porter hypothesis, *International Journal of Agricultural Resources*, 3(3): 310-324.
- Markusen J. R. (1997) Costly pollution abatement, competitiveness and plant location decisions, *Resource and Energy Economics*, 19(4): 299-320.
- Marshall A. (1890) *Principles of Economics*, London: Macmillan.
- Martinez S.W. (1999) Vertical Coordination in the Pork and Broiler Industries: Implications for Pork and Chicken Products. AER No. 777. U.S. Department of Agriculture. Economic Research Service. April.
- McCarthy T.A., Yaisawarng S. (1993) Technical efficiency in New Jersey school districts, dans: Fried H.O, Lovell K.C.A, Schmidt S.S (eds), *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, New York.
- Meeusen W., van den Broeck J. (1977) Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Errors, *International Economic Review*, 18: 435-444.
- Mérenne-Schoumaker B. (1991) *La localisation des industries. Mutations récentes et méthodes d'analyse*, Paris, éd. Nathan (Coll. Géographie d'aujourd'hui).
- Metcalf M. (2001) U.S. Hog Production and the Influence of State Water Quality Regulation. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 49: 37-52.
- Miljøministeriet (2002) Vejledning om landzoneadministration, Planlovens §§34-38. Landsplanafdeling, Miljøministeriet.

- Mills E.S. (1970) Urban density functions, *Urban Studies*, 7(1): 5-20.
- Morrison Paul C., Siegel D. (1999) Scale economies and industry agglomeration externalities: A dynamic cost function approach, *American Economic Review*, 89(1): 272-290.
- Muller P. O. (1973) Trend surfaces of American Agricultural patterns: a macro-Thünian analysis, *Economic Geography*, 49: 228-242.
- Murillo-Zamorano L. (2004) Economic efficiency and frontier techniques, *Journal of Economic Surveys*, 18(1): 33-77.
- Ohlin B. (1933) Interregional and International Trade, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 170: 171-173.
- Ottaviano G. I. P., Robert-Nicoud F. (2006) The 'genome' of NEG models with vertical linkages: a positive and normative synthesis, *Journal of Economic Geography*, 6(2): 113-139.
- Ottaviano G. I. P., Thisse J.F. (2005) New economic geography: what about the N?, *Environment and Planning A*, 37(10): 1707-1725.
- Papy F., Torre A. (2002) Quelles organisations territoriales pour concilier production agricole et gestion des ressources naturelles ?, *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 33: 151-169.
- Perreur J., Peeters D. (1996) L'approche weberienne de la localisation industrielle et ses extensions: un bilan', *L'Espace Géographique*, 25: 273-287.
- Perreur J., Thisse J.F. (1973) Central Metrics and Optimal Location, *Journal of Regional Science*, 14: 411-421.
- Petrongolo B. Pissarides C.A. (2001) Looking into the Black Box: A Survey of the Matching Function, *Journal of Economic Literature*, 39(2): 390-431.
- Piot I. (1994) Mesure non paramétrique de l'efficacité, *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, 31: 13-41.
- Piot-Lepetit I., Le Moing M. (2007) Productivity and Environmental Regulation: the Effect of the Nitrates Directive in the French Pig Sector, *Environmental and Resource Economics*, 38: 433-446.
- Polèse M., Shearmur R. (2005). *Économie urbaine et régionale: introduction à la géographie économique*, 2e édition. Paris: Economica.
- Porter M. E. (1991) America's green strategy, *Scientific American*, 264(4): 96.
- Porter M. E., Van der Linde C. (1995) Towards a New Conception of the Environmental-Competitiveness Relationship, *Journal of Economic Perspectives*, 9: 97-118.

- Ricardo D. (1817) *The Principles of Political Economy and Taxation*, 1911 edn., E.P. Dutton, New York.
- Rieu M. (2006) La production porcine face aux règles environnementales dans quelques pays de l'union européenne, communication, Colloque sur la production porcine « Comment faire autrement ? », Drummondville (Canada), 7 Novembre.
- Roe B., Irwin E. G., Sharp J. S. (2002) Pigs in space: Modeling the spatial structure of hog production in traditional and non-traditional production regions. *American Journal of Agricultural Economics*, 84(2): 259-278.
- Romer P. M. (1986) Increasing returns and longrun growth, *Journal of Political Economy*, 94(5):1002–1037.
- Rosenthal S. S., Strange W.C. (2001) The Determinants of Agglomeration, *Journal of Urban Economics*, 50: 191-229.
- Rosenthal S. S., Strange W.C. (2004) Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration Economies, dans: Henderson, J. V., Thisse, J.-F. (Eds.) *Cities and Geography. Handbook of Regional and Urban Economics*, 4: 2119-2171.
- Schnaiberg A., Watts N., Zimmermann K. (1986) *Distributional Conflicts in Environmental Resource Policy*, Gower, Aldershot, UK.
- Schrader L. F., Boehlje M. (1996) Cooperative coordination in the hog-pork system: Examples from Europe and the U.S. Staff Paper 96-21 Dept. of Agricultural Economics, Purdue University.
- Scitovsky T. (1954), Two concepts of external economies, *Journal of Political Economy*, 62: 143-151.
- Simar L., Wilson P. (2007) Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes, *Journal of Econometrics*, 136(1): 31–64.
- Starret D. A. (1978) Market allocation of location choice in a model with free mobility, *Journal of economic theory*, 17: 21-37.
- Statistics Denmark (2008). Statbank Denmark. Table KN8Y.
[<http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1280>]
- Swinbank A., Tangermann S. (2001) The future of direct payments under the CAP: A proposal, Eurochoices, printemps, 28-35.
- Taff S. (1996) Some Spatial Aspects of an Externality: The Case of Livestock Production Facilities. In *Proceedings of Fifth Joint Conference on Food, Agriculture, and the Environment*. University of Minnesota Center for International Food and Agricultural Policy, Working Paper WP96-4.

- Teffène O., Rieu M., Dagorn J., Mainsant P., Marouby, H., Porin P. (1998) Trente ans d'évolution du secteur porcin en France. De l'autarcie à la compétitivité internationale. *Journées Rech. Porcine en France*, 30: 133-152.
- Thisse J.F., Perreur J. (1977) Relations Between the Point of Maximum Profit and the Point of Minimum Total Transportation Cost: A Restatement, *Journal of Regional Science*, 17: 227-234.
- Thünen von J.H. (1826) *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landschaft und Nationalökonomie*. Trans. By C.M. Wartenberg (1966) *Von Thünen's Isolated State*. Oxford: Pergamon Press.
- Tveteras R., Battese G.E. (2006) Agglomeration Externalities, Productivity, and Technical Inefficiency, *Journal of Regional Science*, 46(4): 605-625.
- Udesen F. K., Dahl J., Tybirk P., Wiborg T., Pedersen H. F., Pedersen E. H., Sandal E. A., Kirk O., Skov L., Lillelund O. (2005) Dansk svineproduktion på rette vej. Faglig Publikation Rapport nr. 26. Dansk Svineproduktion, Copenhagen.
- Venables A. J. (1996) Equilibrium location of vertically linked industries, *International Economic Review*, 37: 341-359.
- Venables A. J. (2002) Labour sorting by cities: Partnerships, selfselection, and agglomeration. Processed, London School of Economics.
- Verhoef E. T. (1996) *Economic Efficiency and Social Feasibility in the Regulation of Road Transport Externalities*, PhD-thesis, Thesis Publishers, Amsterdam.
- Verhoef E. T., Nijkamp P. (2008) Urban sustainability, agglomeration forces and the technological Deus ex Machina, *Environment and Planning A*, 4: 928-947.
- Verhoef E., Nijkamp P., Rietveld P. (1997), Tradable permits: their potential in the regulation of road transport externalities, *Environment and Planning B*, 24: 527-548.
- Verhoef E.T. (1999) Externalities, dans: J.C.J.M. van den Bergh (ed.) *Handbook of Environmental and Resource Economics*, Edward Elgar, Cheltenham, 197-214.
- Weber A. (1909). *Theory of the Location of Industries*. Trans. By Carl J. Friedrich (1929). Chicago: The University of Chicago Press.
- Weersink A., Eveland C. (2006) The siting of livestock facilities and environmental regulations, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 54: 159-173.
- Welsh R., Hubbell B., Carpentier C. L. (2003) Agro-food system restructuring and geographic concentration of US swine production. *Environment and Planning A*, 35: 215-229.
- Willinger M. (1996) La méthode d'évaluation contingente: de l'observation à la construction des valeurs de préservation, *Nature, Science et Société*, 4(1): 6-22.

- Wossink A., Wefering F. (2003) Hot spots in animal agriculture, emerging federal environmental policies and the potential for efficiency and innovation offsets, *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 2(3/4): 228-242.
- Yang C.-C., Hsiao C.-K., Yu M.-M. (2008) Technical efficiency and impact of environmental regulations in farrow-to-finish swine production in Taiwan, *Agricultural Economics*, 39: 51-61.

Liste des tableaux et figures

Liste des tableaux.

Tableau 1.1. Etudes des externalités d'agglomération.	24
Tableau 3.1a. Comparaison du modèle de référence avec le modèle avec externalités techniques, nombre d'agriculteurs fixé.	125
Tableau 3.1b. Comparaison du modèle de référence avec le modèle avec régulation environnementale, nombre d'agriculteurs fixé.	125
Tableau 3.2a. Comparaison du modèle de référence avec le modèle avec externalités techniques, nombre d'agriculteurs endogène.	127
Tableau 3.2b. Comparaison du modèle de référence avec le modèle avec régulation environnementale, nombre d'agriculteurs endogène.	127
Table 4.1. Description of variables.	147
Table 4.2. Summary statistics for 1999 (270 municipalities).	148
Table 4.3. Summary statistics for 2004 (270 municipalities).	148
Table 4.4. Parameter estimates of the pig production density in 1999.	151
Table 4.5. Parameter estimates of the pig production density in 2004.	151
Table 4.6. Elasticities evaluated at the mean point for 1999 and 2004. FGS2SLS estimation.	152
Table 4.7. Parameter estimates of the pig production. First Stage R ²	154
Table 5.1. Description of variables.	174
Table 5.2. IV estimation results in 2000 for model 1 to 7.	178
Table 5.3. Mean elasticities for entire sample.	179
Table 5.4. Coefficient for sub-samples.	182
Table 6.1. DEA outputs and inputs: descriptive statistics of the three sub-samples.	204
Table 6.2. Second-stage variables: descriptive characteristics of the whole sample (936 farms).	205
Table 6.3. Descriptive statistics of DEA efficiency scores.	207
Table 6.4. Shares of farms operating under CRS, IRS and DRS (%).	208

Table 6.5.	Influence of agglomeration on efficiency: results of the three OLS regressions (models 1, 2 and 3).	210
Table 6.6.	Correlation between farms' efficiency and utilized agricultural area (227 observations).	213

Liste des figures.

Figure 1.1.	Le modèle de von Thünen.	13
Figure 1.2.	Le triangle de localisation de Weber.	18
Figure 1.3.	Krugman et les mécanismes d'agglomération.	38
Figure 3.1.	Structure du modèle.	88
Figure 3.2.	Localisation des agents.	89
Figure 3.3.	Maximisation du profit.	96
Figure 3.4.	Maximisation du profit si le nombre d'agriculteurs augmente.	96
Figure 4.1.	Development in spatial concentration of pig per hectare from 1982 to 2004 at municipality level in Denmark.	144
Figure 5.1.	Geographic distribution of the dependent variable for 2000.	173
Figure 6.1.	DEA frontiers under CRS and under VRS.	198

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre 1. La localisation des activités : une revue de littérature	5
Introduction	5
1. Les origines de la localisation des activités	6
1.1 <i>Ricardo : fondateur de l'économie internationale</i>	6
1.2 <i>Von Thünen : pionnier de l'économie spatiale</i>	10
1.3 <i>Weber : initiateur de la localisation industrielle</i>	16
2. Les externalités dans le cadre de l'équilibre partiel en concurrence pure et parfaite	20
2.1 <i>Les externalités d'agglomération</i>	22
2.2 <i>Vers une nouvelle taxonomie des externalités.</i>	28
3. La concurrence imparfaite : de l'équilibre partiel à l'équilibre général	33
3.1 <i>Equilibre partiel et biens homogènes</i>	33
3.2 <i>Equilibre partiel et biens différenciés</i>	35
3.3 <i>L'équilibre général</i>	35
Conclusion	40
Chapitre 2. La localisation des activités agricoles : quelle approche adopter	42
Introduction	42
1. L'agriculture face aux nouvelles problématiques de localisation	43
1.1 <i>La théorie de la localisation et le secteur agricole</i>	44
1.2 <i>Le rôle de la terre</i>	51
1.3 <i>Agriculture et environnement</i>	53
2. Evaluer les externalités d'agglomération : les limites de la théorie face à l'empirique	58
2.1 <i>L'accès aux marchés : évaluation des externalités pécuniaires</i>	59
2.2 <i>Comment approximer les externalités techniques ?</i>	60
3. Impact des économies d'agglomération sur les performances individuelles ..	62
3.1 <i>Effets théoriques de l'agglomération sur la productivité individuelle</i> ..	63

3.2	<i>Etudes empiriques sur le lien entre localisation et productivité en agriculture</i>	65
3.3	<i>Méthodes d'analyse du rôle de l'agglomération sur l'efficacité</i>	67
	Conclusion	72
	Annexe 2.1. Bref historique : Elevage et environnement	74
	Annexe 2.2. La notion d'efficacité de Farrell	75
	Annexe 2.3. Calcul de l'efficacité technique : la méthode DEA	78

Chapitre 3. La localisation des activités agricoles : une modélisation de la structure de production

	Introduction	83
1.	Le cadre théorique global	87
1.1	<i>Structure du modèle</i>	88
1.2	<i>Les agents</i>	90
1.3	<i>Processus de décision</i>	92
2.	Le modèle de marché simple	94
2.1	<i>La demande des transformateurs</i>	94
2.2	<i>L'offre des transformateurs</i>	95
2.3	<i>Le profit des agriculteurs</i>	99
2.4	<i>Le nombre d'agriculteurs endogénéisé</i>	101
3.	Modèle avec coopération technique dans la région 1	104
3.1	<i>La demande des transformateurs</i>	106
3.2	<i>L'offre des transformateurs</i>	109
3.3	<i>Le profit des agriculteurs</i>	110
3.4	<i>Le nombre d'agriculteurs endogénéisé</i>	112
4.	Modèle avec externalités environnementales dans la région 1	115
4.1	<i>La demande des transformateurs</i>	116
4.2	<i>L'offre des transformateurs</i>	118
4.3	<i>Le profit des agriculteurs</i>	119
4.4	<i>Le nombre d'agriculteurs endogénéisé</i>	121
	Conclusion	124

Chapitre 4. Positive and negative agglomeration externalities: Arbitration in the pig sector	130
Introduction	131
1. Theory and procedure	134
1.1 <i>A microeconomic model</i>	134
1.2 <i>Reduced form and econometric issues</i>	139
2. Data	143
2.1 <i>Danish pig production</i>	143
2.2 <i>Data description</i>	145
3. Empirical results	150
Conclusion	156
Chapitre 5. The economics of Porkopolis. Evidence from France	158
Introduction	159
1. Theory	162
1.1 <i>General framework</i>	162
1.2 <i>Location and production</i>	165
2. The empirical model	168
3. Data	172
4. Results	176
Conclusion	183
Chapitre 6. Agglomeration externalities and technical efficiency in French pig production	186
Introduction	187
1. Theoretical background	189
1.1 <i>Agglomeration and productivity gains</i>	189
1.2 <i>Environmental regulations and pig production</i>	192
2. Methodology	195
2.1 <i>First stage: Calculation of technical efficiency</i>	196
2.2 <i>Second stage: Impact of agglomeration on technical efficiency</i>	199
3. Data	202
4. Results	206

4.1	<i>Total technical efficiency and its components</i>	206
4.2	<i>Impact of agglomeration on farm efficiency</i>	209
	Conclusion	214
	Conclusion Générale	215
	Bibliographie	222
	Liste des tableaux et des figures	234
	Table des matières	236

Microéconomie de la localisation des activités agricoles. Le cas d'une production à fortes contraintes environnementales.

Les instruments de politique agricole mis en œuvre, notamment dans le cadre de la politique agricole commune (soutien des prix, aides couplées, etc.), ont eu tendance à figer la localisation des productions agricoles soutenues, sans pour autant empêcher la poursuite de la concentration des productions non soutenues. Les modifications récentes de ces instruments risquent donc d'affecter la localisation des productions soutenues et posent donc la question des déterminants contemporains de la localisation des productions agricoles.

Dans ce contexte, l'objectif principal de cette recherche est d'analyser les déterminants économiques de la localisation des productions agricoles. La thèse s'appuie en particulier sur le cas d'une production à la fois historiquement peu aidée par les pouvoirs publics mais également soumise à de fortes contraintes environnementales. Elle permet d'examiner plus directement les mécanismes de la localisation des productions agricoles hors soutien direct à la production, *i.e.* ceux qui risquent d'être en œuvre à l'avenir pour les différentes productions agricoles suite aux prochaines réformes des politiques agricoles.

Pour répondre à notre problématique de recherche, nous avons privilégié, dans un premier temps, une approche de modélisation microéconomique de la filière porcine, en insistant sur les effets spatiaux induits par les différents changements structurels. Dans un second temps, nous avons évalué empiriquement l'impact des externalités d'agglomération sur les productions porcines danoises et françaises, que ces externalités soient pécuniaires (accès aux marchés des inputs et des outputs), techniques (utilisation d'un décalage spatial) ou environnementales (nuisances et réglementations environnementales). Dans un troisième temps, nous avons testé le rôle de ces mêmes déterminants de la localisation sur les performances individuelles des firmes concernées afin d'examiner si les effets étaient identiques à ceux constatés au niveau agrégé.

L'étude de la concentration spatiale des activités agricoles nous permet alors d'éclairer les effets potentiels des changements d'instruments politiques, et notamment de ceux qui ont le plus tendance à figer les localisations. Nous montrons alors le rôle prédominant sur l'agglomération de la production et les performances des firmes des externalités technologiques, considérées ici au travers des interactions de voisinage, alors que les relations marchandes d'amont et d'aval influencent peu l'agglomération et les performances. *A contrario*, l'effet global des contraintes et régulations environnementales joue un rôle dispersif sur la production mais celui-ci n'est pas suffisamment intense pour contrecarrer l'effet des économies d'agglomération. De façon globale, ces variables environnementales n'altèrent cependant pas les performances individuelles des firmes, suggérant que celles-ci réagissent à ces contraintes par une amélioration de leur efficacité technique.

Mots-clés : Localisation, Activités agricoles, Externalités d'agglomération, Contraintes environnementales.