



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Localisation des productions agricoles et concentration géographique de la demande

Karine DANIEL

**Location of agricultural
outputs and
geographical
concentration
of demand**

Summary – This paper investigates the contributions of spatial and variety dimensions to agri-food prices and location of agri-food productions between regions. It presents a stylised model of multiple producers, supplying differentiated products to consumers in different regions. This model describes long run location processes. Production is characterised by aspects that give rise to both increasing and decreasing returns to scale. Marginal cost pricing is inappropriate in this context. The long run equilibrium price received will reflect the premium paid by consumers who value variety, and one type of transport cost inner to farms. The price paid by consumers also includes two other transport costs. One is a traditional exportation cost. The other one is a collection cost of outputs in farms, it is an element of the competitiveness of agri-food industries.

One implication is that the optimal size of a farm reflects a trade off between increasing returns that arise from fixed costs and decreasing returns due to internal transportation costs. Another implication is that there is a potential to increase returns to fixed factors (land) by capitalising on consumers' ability to distinguish varieties. Products are differentiated according to their geographical origin of production. The final equilibrium solution generates cultivated areas in both regions. Those areas depend on the competitiveness of farms and agri-food industries (traditional competitive advantages). Those areas also depend on the structural parameters of the economy. One of those parameters is the location of the population, which determines the location of demand.

Given this model framework, we simulate the impact of a population concentration process in one of the regions on the location of agricultural activities. If the agricultural area is not restricted the concentration of the population in one region induces a relocation of the agricultural activities in this region. If this area is restricted, an improvement of land productivity (yields) in the area where the population increases allows production to increase without increasing the cultivated area. This technical progress contributes to increase the amount of production per farm. It also modifies the initial equilibrium in terms of labour force distribution between sectors.

Key-words:

location, agriculture, economic
geography, migrations

**Localisation des
productions agricoles
et concentration
géographique
de la demande**

Résumé – Un modèle de localisation des productions agricoles fait l'objet de cet article. Nous considérons pour l'agriculture une structure de marché de type concurrence monopolistique en intégrant de manière stylisée la dimension spatiale de l'activité agricole. Cette dimension est source de rendements d'échelle décroissants dans les unités de production agricoles. Ce modèle de localisation à deux secteurs, deux régions décrit des équilibres de long terme. Dans ce cadre, nous simulons l'impact d'un processus de concentration géographique de la population dans l'une des deux régions sur la localisation de la production agricole. Si l'espace productif n'est pas saturé, l'agglomération de la population dans une région conduit à une concentration géographique de la production agricole dans cette région. Si l'espace cultivable est saturé dans la région bénéficiant du solde migratoire, une amélioration de la productivité de la terre permet de contourner la contrainte foncière. Ce changement technique affecte l'équilibre.

Mots-clés:

localisation, agriculture,
économie géographique,
migrations

* INRA ESR, rue de la Géraudière, BP 71627, 44316 Nantes cedex 03 et Université Paris I-TEAM (CNRS)
e-mail : daniel@nantes.inra.fr

Ces travaux ont bénéficié du soutien du ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Je tiens à remercier Lionel Fontagné, François Colson, Maureen Kilkenny, Marie-Françoise Calmette et Sylvie Charlot pour leurs commentaires sur les précédentes versions de cet article. Merci aussi aux lecteurs anonymes de la revue pour leurs critiques et suggestions.

COMME la localisation des activités économiques en général, la localisation géographique des productions agricoles représente un enjeu en terme de développement économique régional. La terre est au centre de la fonction de production agricole. L'emploi de ce facteur, et notamment le besoin d'espace pour produire, confère à l'agriculture un rôle central en terme d'occupation de l'espace rural. Parallèlement, le niveau d'emploi de ce facteur, et notamment le niveau d'intensification de la production agricole dans un espace défini, a des conséquences directes sur l'environnement. Outre cet aspect environnemental, les phénomènes de concentration ou de dispersion de l'activité de production agricole sont au centre des questions relatives à l'occupation de l'espace rural. Cet article s'inscrit dans le cadre des analyses de politiques de développement rural.

Les questions de localisation des activités économiques s'inscrivent dans des perspectives de long terme. L'intervention publique dans le cadre des Organisations communes de marchés (OCM) de la Politique agricole commune (PAC) ne concerne pas tous les marchés agricoles. En revanche, comme les produits manufacturés, tous les produits agro-alimentaires sont soumis aux règles du marché commun (Traité de Rome, article 38). Ainsi, la mise en place de la Communauté économique européenne doit catalyser les échanges intra-communautaires de produits agricoles. En longue période, soit de la création de la CEE à nos jours, l'Europe est encline à des processus de concentration géographique de la population, donc d'urbanisation et d'exode rural (Eurostat, 1996; Duby et Wallon, 1977). Ce phénomène structurel tend donc à éloigner la demande de produits alimentaires des zones rurales. Dans cet article, un modèle de localisation des productions permet de présenter les déterminants de la localisation des productions non soutenues par des politiques d'intervention de marché. À partir de ce modèle, on s'interroge sur l'impact d'un processus exogène de concentration géographique de la population sur la localisation de la production agricole. Si la disponibilité en terres agricoles ne permet pas d'accroître significativement la production, une amélioration de la productivité de la terre permet de contourner cette contrainte. Une amélioration des rendements agricoles modifie l'équilibre initial.

De la mise en place de la PAC en 1962, aux réformes de 1992 et de 2000, l'agriculture européenne a connu une mutation sans précédent. Si dans les six pays fondateurs de la Communauté européenne, la population agricole représente 17 % de la population active en 1965, en 1997, l'agriculture, dans ces mêmes pays, n'emploie plus que 4,8 % des travailleurs (Déméter, 2000). La situation du marché du travail dans les autres secteurs de l'économie lors des « trente glorieuses » rend possible l'exode rural ou la « non-entrée » de jeunes ruraux dans le secteur agri-

cole. La diminution de l'effectif des travailleurs agricoles et l'augmentation spectaculaire de la production totale ne sont possibles qu'au prix d'une forte restructuration et modernisation du secteur. On assiste au passage d'une agriculture « paysanne » à une logique d'agriculture « d'entreprise ». La mécanisation de l'activité et l'emploi croissant de consommations intermédiaires dans la fonction de production agricole rendent possible l'augmentation de la productivité du travail agricole. La mutation du secteur est aussi liée à un changement structurel de la demande de produits alimentaires. Dans le cadre d'une agriculture de type paysanne, les débouchés sont principalement l'autoconsommation et les marchés ruraux ou urbains de proximité. Le passage à une logique d'agriculture d'entreprise et les mutations des modes de consommation alimentaire lors des « trente glorieuses » induisent une externalisation des fonctions de transformation des produits agricoles. La transformation des produits agricoles en produits alimentaires qui était assurée par les exploitants (abattage des animaux, transformation du lait...) est désormais assurée par les industries agro-alimentaires.

La question de la localisation des productions agricoles évolue entre la théorie ricardienne des avantages comparatifs et le modèle des cercles concentriques développé par Von Thünen. Les avancées théoriques sur cette question évoluent entre ces deux pôles (Kellerman, 1989a et b). Le rôle central des industries dans les filières agro-alimentaires nous invite à réfléchir sur les déterminants industriels de la localisation des productions agricoles.

Sans industrie agro-alimentaire, la production de produits périssables dans un espace est conditionnée par la demande des marchés de proximité. Si les produits ne sont pas transportables, la compétitivité agricole relative des bassins de production importe peu. Dans ce cadre, le modèle des cercles concentriques de Von Thünen est en phase avec l'organisation des espaces agricoles autour des pôles de consommation. Les bassins de production doivent fournir toutes les catégories d'aliments nécessaires à l'équilibre alimentaire (équilibre protéines animales/protéines végétales notamment). Ils sont donc diversifiés. Parallèlement, il est intéressant de noter que le modèle fondateur de Ricardo utilise des produits agricoles, le vin et le lin, qui sont des produits transformés et transportables. En 1817, sur les marchés agricoles, ces produits sont rares. À l'époque, ce modèle n'est pas transposable, par exemple, au cas du lait et des fruits frais entre le Royaume-Uni et le Portugal. La possibilité technique de transport de produits périssables rend généralisable le principe d'application de la théorie des avantages comparatifs à la quasi-totalité des produits agricoles. Cette possibilité provient des changements de caractéristiques des produits alimentaires finaux, dont le processus de transformation et de conditionnement par l'industrie agro-alimentaire inclut un procédé de conservation qui rend le produit moins périssable (appertisation, congélation...) et augmente sa possibilité de transport. Par ailleurs, le transport des produits agro-alimentaires bénéficie de la baisse générale des coûts de trans-

port, notamment en temps, liée aux progrès techniques réalisés dans ce secteur, tant au niveau des véhicules que des infrastructures. Les déterminants de la compétitivité des bassins de production ne sont plus, dès lors, exclusivement agricoles mais deviennent « agro-industriels ».

Ainsi, l'équilibre de répartition de la production agricole entre les territoires est lié à la compétitivité relative des filières de production (au niveau des exploitations et des industries agro-alimentaires), ainsi qu'à la structure de la demande alimentaire. Afin de mettre en lumière les déterminants principaux de l'équilibre de localisation de la production agricole entre les bassins de production, nous proposons un modèle simple. Le modèle développé mobilise des outils utilisés en économie géographique.

Construit en économie ouverte, afin de représenter de manière simplifiée une situation où les produits agricoles sont échangeables entre les bassins de production, le modèle présenté permet de définir un équilibre en terme de répartition de la production agricole entre deux territoires, et d'analyser le niveau d'emploi des facteurs mis en œuvre dans le secteur. Ce secteur produit des variétés. Les facteurs de productions considérés dans l'analyse sont la terre et le travail. Sans prétendre représenter la complexité de l'espace productif agricole, la modélisation s'attache à considérer certaines spécificités du secteur agricole. L'originalité de ce modèle est de considérer, comme composante de la compétitivité des filières agro-alimentaires, les coûts générés par l'emploi de la terre, donc le besoin d'espace pour commercialiser des biens agricoles. L'emploi de la terre génère des coûts de déplacement internes aux exploitations, et la centralisation de la production des exploitations dans les industries agro-alimentaires induit des coûts liés à la collecte des produits. Le coût de déplacement interne à l'exploitation, par unité produite, croît avec la dimension de l'exploitation. Ainsi, à partir d'un certain seuil, il induit des « déséconomies » d'échelle qui constituent une spécificité du secteur agricole.

Les exploitations forment des groupes par produit. Ainsi, chaque groupe d'exploitations produit une variété. Ce principe permet de modéliser, par exemple, une industrie fromagère qui collecte du lait dans plusieurs exploitations pour produire un type de fromage. Le lait collecté dans les exploitations est homogène; en revanche, le groupe constitué produit un bien différencié. Ces groupes sont en situation de concurrence monopolistique. Dans cette version du modèle, le secteur agro-industriel n'est pas représenté explicitement. Le coût de collecte qui est un facteur de compétitivité agro-industrielle est intégralement répercuté sur les prix à la consommation. Les agents consomment des variétés alimentaires. Ces variétés sont classiquement substituables (Dixit et Stiglitz, 1977). On introduit par ailleurs un deuxième niveau de substitution, tel que les produits sont différenciés selon leur origine géographique de production (Armington, 1969). Cette spécification, qui constitue une force de dispersion des activités économiques, n'est généralement pas in-

tégrée dans les modèles d'économie géographique (Brülhart, 1996). Les hypothèses relatives aux préférences des consommateurs sont telles que les résultats présentés sont fortement déterminés par les caractéristiques de la demande. Ce choix, novateur dans le champ de l'économie agricole, semble toutefois être en phase avec les évolutions récentes observées dans ce secteur en Europe. Une enquête du CREDOC (Brousseau et Volatier, 1999) montre que d'une part, les consommateurs sont de plus en plus demandeurs de variétés dans le domaine alimentaire, et que, d'autre part, l'origine géographique des produits est un indicateur de sécurité alimentaire.

Le modèle initié par Krugman (1991a) compte un secteur agricole dont l'objet principal est de créer une demande de produits industriels non délocalisable. Le secteur agricole constitue la seule force de dispersion des activités géographiquement mobiles. Ce modèle s'intéresse aux phénomènes d'agglomération et de dispersion des activités industrielles. Il ne permet pas de représenter les déterminants de la localisation des productions agricoles. Fujita, Krugman et Venables (1999) complètent le modèle « *Core Periphery* » (Krugman 1991a) en ajoutant un coût d'exportation des produits agricoles, comme l'avaient préalablement proposé Calmette et Le Pottier (1995). Ce coût de transport est une force de dispersion supplémentaire des activités. Les coûts de transport des produits agricoles sont identifiés comme tels par Duranton (1997) : « *Les coûts de transport sur les biens agricoles, bien que d'une importance considérable depuis les débuts de l'urbanisation jusqu'au XX^e siècle, sont restés relativement ignorés des modélisations actuelles d'économie géographique* ». L'importance des coûts de transport des produits alimentaires, bien qu'ils constituent le fondement du modèle de Von Thünen (1826), est négligée, dans le champ de l'économie géographique, par rapport aux coûts de transport associés aux produits manufacturés.

Dans un article intitulé « *Krugman's core periphery model with heterogeneous quality of land* », Lanaspá et Sanz (1999) étudient l'impact d'une répartition asymétrique de la population agricole entre deux régions. Cette extension directe du modèle de Krugman (1991a) permet d'obtenir, contrairement au modèle de référence, des équilibres stables et asymétriques de répartition de l'activité industrielle entre les deux régions. Les processus d'agglomération de l'activité et des travailleurs industriels s'effectuent, dans ce cadre, dans la région où la population agricole est la plus représentée. Cependant, ce modèle ne change pas le mode de représentation de l'activité agricole choisi par Krugman (1991a). La nouvelle économie géographique, suite au modèle proposé par Krugman (1991a), a connu de nombreux développements. Ces extensions ne se sont pas spécifiquement intéressées à la question de la localisation des productions agricoles. Centré sur la représentation du secteur et des marchés agricoles, le modèle présenté ici s'attache à considérer, de manière stylisée, la spécificité du secteur agricole. Il intègre notamment la nécessaire

dotation en espace pour la production agricole et les coûts de transport qui y sont associés.

Le modèle proposé se rapproche du modèle de Calmette et Le Pottier (1995) dans le sens où les produits agricoles sont échangeables entre les régions, moyennant un coût d'exportation. Dans le modèle proposé, la population n'est pas mobile géographiquement. Cette hypothèse différencie notre travail du modèle fondateur de Krugman (1991a) où l'agglomération des forces de travail, donc de la population, n'est pas endogène. Cette non-mobilité géographique des travailleurs nous rapproche des hypothèses du modèle de Krugman et Venables (1995). Comme dans ce dernier, nous supposons une mobilité sectorielle des travailleurs. L'originalité du modèle présenté, par rapport aux travaux réalisés dans le champ de l'économie géographique jusqu'alors, réside dans le mode de représentation du secteur agricole. Nous considérons que la fonction de coût de production compte un élément fixe qui induit des rendements d'échelle croissants. Ces rendements d'échelle croissants caractérisent le secteur industriel dans la majorité des modèles d'économie géographique. Par ailleurs, nous considérons le foncier dans la fonction de production agricole. Cette « consommation d'espace » du secteur agricole induit, à partir d'un certain seuil de production (dimension d'équilibre), des rendements d'échelle décroissants. La dimension spatiale de l'activité de production agricole engendre une dispersion des unités de production sur le territoire. Cette dispersion génère un coût de transport spécifique relatif à la collecte des produits dans les exploitations. La collecte permet de centraliser la production au sein de chaque région. Ce coût de collecte est une originalité du modèle proposé; il permet de représenter, de manière stylisée, une composante « agro-industrielle » de la compétitivité des espaces productifs.

Les déterminants de la localisation des productions agricoles sont liés au mode de représentation de l'activité économique, de l'espace et des conditions d'échanges des produits. Les hypothèses de représentation des deux secteurs d'activité, dans chacune des deux zones géographiques, sont exposées dans la première section. La deuxième section examine les conditions d'échanges et la formation de l'équilibre. Des simulations, à partir de l'équilibre décrit, permettent de visualiser l'impact d'un processus migratoire dans l'une des deux régions sur la localisation de la production agricole. Cette migration conduit, si l'espace cultivable n'est pas saturé, à une concentration géographique des activités agricoles. Si cet espace est saturé, une augmentation de la productivité de la terre (rendements agricoles) permet de contourner la contrainte foncière. Ce changement technique affecte la concentration des moyens de production dans les exploitations. Les simulations réalisées et les résultats obtenus sont présentés et discutés dans la dernière section de l'article ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Les nombres entre parenthèses dans le texte font référence aux équations numérotées du modèle.

DEUX SECTEURS D'ACTIVITÉ DANS CHAQUE RÉGION

Le mode de représentation de l'activité économique et de l'espace est le même dans les deux régions. La considération de différentes valeurs pour les paramètres, dans chacune des zones, permet de modéliser une asymétrie régionale des coûts de production. Deux secteurs d'activité sont représentés dans chaque zone : le secteur agricole et un secteur « service ». Le secteur agro-industriel n'est pas modélisé explicitement. Les stades de la transformation et de la distribution de produits alimentaires sont toutefois présents dans le modèle, dans les deux régions considérées, dans la mesure où ils sont intégrés au secteur agricole. Cette hypothèse interdit l'autoconsommation des agriculteurs. Les agents consomment des produits agricoles et un agrégat « service ». Les produits agricoles sont échangés entre les deux régions alors que les services sont consommés localement.

Agriculture, une fonction de coût spécifique

Le secteur agricole est représenté de manière stylisée, afin d'obtenir une représentation simplifiée de l'activité en considérant la spécificité de la production agricole. Ces caractéristiques propres sont à l'origine de la définition de la fonction de coût de production de l'exploitation. Le travail et la terre sont les facteurs de production agricole. La dimension des exploitations est endogène. Ainsi, le niveau de l'emploi et la terre mobilisée dans chaque unité de production sont déterminés à l'équilibre du modèle.

Si le foncier est un simple support de l'activité pour la majorité des activités de production, ce facteur est au centre de la fonction de production agricole. Ainsi, à chaque unité de terre mise en culture est associée une quantité d'output. Cette relation est donnée par le rendement physique de production. Ainsi, pour produire une quantité q_i de produit i , étant donné un rendement de la terre R_i , une quantité de facteur terre t_i doit être mise en culture⁽²⁾. Soit :

$$q_i = t_i R_i \quad (1)$$

La fonction de coût d'une exploitation (ou d'une unité de production) compte un coût fixe (α) et un coût variable en travail. Ce dernier est un coût unitaire constant par unité d'output i (β_i). La présence de ces deux éléments de coût permet d'amorcer le débat sur les économies d'échelle en agriculture. La seule présence de ces deux types de coûts de produc-

⁽²⁾ Les caractéristiques structurelles des exploitations agricoles sont propres à chaque région $r = \{1, 2\}$. Pour la description des caractéristiques de production, les paramètres ne sont pas indicés par région afin de ne pas alourdir la présentation des équations.

tion (α et β) induirait des rendements d'échelle croissants dans les exploitations agricoles. Or, l'utilisation de la terre dans la fonction de production induit des coûts de déplacements internes à l'exploitation. Ces coûts de déplacement sont croissants avec la dimension structurelle de l'exploitation. En effet, si l'on considère que le matériel agricole et les travailleurs sont localisés au siège d'exploitation, soit au centre de la structure agricole, un quintal de blé produit à côté de ce siège coûte moins cher à produire que celui produit « à la frontière physique » de l'exploitation (Boussard, 1997). Ce coût de déplacement est propre à chaque type de production. Ainsi, on considère en plus du coût fixe et du coût unitaire, un coût de déplacement moyen proportionnel à la dimension de l'exploitation. Ce coût lié au déplacement est aussi un coût en travail. Ainsi, l'exploitation opère à rendements d'échelle croissants, puis décroissants. Les rendements d'échelle décroissants en agriculture sont aussi liés au fait que si les terres d'une exploitation sont hétérogènes, les meilleures terres seront cultivées prioritairement.

Afin de simplifier l'interprétation des résultats, nous considérons un espace productif homogène dans chaque région, des rendements physiques de la terre décroissants n'influencent pas le sens des résultats obtenus mais seulement l'amplitude des variations. La forme du coût de déplacement interne (C_{di}) à l'exploitation retenue est :

$$C_{di} = \frac{2}{3} \delta_i t_i \sqrt{\frac{t_i}{\pi}} \quad (2)$$

où t_i est la surface cultivée en produit i au niveau de l'exploitation et δ_i le coût de déplacement par unité de distance associé à la culture de i (cf. annexe 1).

On considère, par ailleurs, que le coût en foncier est uniquement lié à la surface mise en culture. Ainsi, pour une exploitation qui produit un type d'output agricole, les besoins en travail et en terre sont respectivement de la forme :

$$F_{li} = \underbrace{\alpha_a + \beta_{ia} R_i t_i + \frac{2}{3} \delta_i t_i \sqrt{\frac{t_i}{\pi}}}_{\text{Coût en travail}} \quad \text{et} \quad F_{ti} = \underbrace{t_i}_{\text{Coût en foncier}} \quad (3)$$

Ces fonctions de coût en input sont associées à une exploitation « mono-produit ». L'arbitrage coût fixe/coût de déplacement permet de déterminer la dimension d'équilibre de l'exploitation. La présence du coût interne de déplacement implique que les exploitations n'ont pas, à partir d'un certain seuil, intérêt à s'agrandir, puisqu'à partir de ce seuil elles produisent à rendements d'échelle décroissants. Ce seuil est déterminé à l'équilibre du modèle.

L'utilisation conjointe de la terre et du travail dans la fonction de production agricole implique que le coût de production total est fonction du niveau de rémunération du travail agricole, ou salaire agricole ⁽³⁾ (w_a), et du niveau de rémunération de la terre, ou rente foncière (v_a). Le coût total d'une exploitation produisant un output i est donc de la forme:

$$CT_{ia} = w_a \left(\alpha_a + \beta_{ia} R_i t_i + \frac{2}{3} \delta_i t_i \sqrt{\frac{t_i}{\pi}} \right) + v_a t_i \quad (3')$$

Comme dans les modèles présentés par Puga (1999), et Puga et Venables (1997), le secteur agricole emploie conjointement du travail et de la terre. Dans ces deux modèles, le secteur agricole produit un output homogène à rendements d'échelle constants, la totalité de la terre arable disponible dans chaque région étant utilisée par le secteur agricole. Dans ces deux modèles, la main-d'œuvre est parfaitement mobile entre les secteurs de l'économie. Dans le modèle de Puga (1999), les travailleurs sont géographiquement mobiles, mais ce n'est pas le cas dans celui de Puga et Venables (1997). Comme dans ces modèles, le ratio travail/terre dans le secteur agricole est défini à l'équilibre, soit dans chaque région r par le ratio (L_{ar}/T_r). Dans les modèles cités, l'effectif des agriculteurs dans chaque région (L_{ar}) est endogène, alors que la terre mobilisée est fixe (T_r). Dans notre cas, l'emploi agricole et le foncier mobilisé sont endogènes.

Les outputs agricoles sont intégralement centralisés dans chaque région. Ils sont ensuite destinés à la consommation régionale ou à l'exportation.

Un secteur « service »

La représentation du secteur non agricole, « service », est simplifiée. Ce secteur, qui emploie la main-d'œuvre (L) non utilisée par le secteur agricole, produit un agrégat « service » S . Il est caractérisé par des rendements d'échelle constants. Une unité de travail permet de produire une unité de service, l'offre de service est donc liée à l'effectif de producteurs. La répartition de la population de la zone entre les deux secteurs d'activité est endogène. En l'absence de migration régionale, la population totale de chacune des deux régions $r = \{1, 2\}$ est fixée. Soit :

$$\bar{L} = \sum_r \bar{L}_r \quad \text{et} \quad \bar{L}_r = L_{ar} + L_{sr} \quad (4)$$

⁽³⁾ Le terme « salaire » n'est généralement pas utilisé pour l'activité agricole. On parle plus couramment de revenus agricoles. Ici, le revenu est composé de la rémunération du travail et du foncier. On utilise donc le terme salaire pour ne pas créer d'ambiguïté.

Ainsi, les revenus régionaux sont répartis entre agriculteurs et producteurs de service. Ces deux catégories de producteurs ayant les mêmes préférences, et les prix des biens alimentaires et du bien « service » étant homogènes au sein de chaque région, les conditions d'équilibre de long terme sur le marché du travail sont telles qu'agriculteurs et producteurs de service ont le même revenu. Les producteurs de service perçoivent exclusivement le revenu de leur travail, soit leur salaire (w_s). Le revenu agricole se compose des revenus du travail agricole (w_a) et de la terre (v_a). Les conditions de mobilité intersectorielle sont telles que les revenus s'équilibrent entre les secteurs au sein de chaque région. Les salaires agricoles (w_a) sont alors inférieurs aux salaires observés dans le secteur service (w_s) en cas de rente foncière strictement positive. Si cette rente est nulle, le salaire agricole équivaut à celui de l'autre secteur. Soit T_1 et T_2 les surfaces cultivées dans chaque région, ces surfaces sont le produit de l'effectif des exploitations et de la dimension d'équilibre de celles-ci. On a alors :

$$\begin{aligned} Y_1 &= w_{s1} L_{s1} + w_{a1} L_{a1} + v_{a1} T_1 \\ Y_2 &= w_{s2} L_{s2} + w_{a2} L_{a2} + v_{a2} T_2 \end{aligned}$$

avec $\bar{Y} = Y_1 + Y_2$ (5)

Ainsi, si t^* est la dimension d'équilibre des exploitations agricoles et l^* l'emploi à l'équilibre dans chaque exploitation, les conditions de mobilité sectorielle de la main-d'œuvre sont telles que :

$$w_{s1} = w_{a1} + v_{a1} \frac{t_1^*}{l_1^*} \quad \text{et} \quad w_{s2} = w_{a2} + v_{a2} \frac{t_2^*}{l_2^*} \quad (6)$$

Ainsi, les revenus régionaux peuvent être réécrits sous la forme :

$$Y_1 = w_{s1} L_{s1} + \left(w_{a1} + v_{a1} \frac{t_1^*}{l_1^*} \right) L_{a1} \quad \text{et} \quad Y_2 = w_{s2} L_{s2} + \left(w_{a2} + v_{a2} \frac{t_2^*}{l_2^*} \right) L_{a2}$$

$$\text{Soit : } Y_1 = w_{s1} \bar{L}_1 \quad \text{et} \quad Y_2 = w_{s2} \bar{L}_2 \quad (7)$$

$$\text{On a donc : } \bar{Y} = w_{s1} \bar{L}_1 + w_{s2} \bar{L}_2 \quad (8)$$

On pose le salaire non agricole de la région 2 comme numéraire de l'économie. On a alors :

$$w_{s1} = \frac{\bar{Y} - \bar{L}_2}{\bar{L}_1} \quad (9)$$

Les revenus régionaux sont affectés à la consommation de service et de produits alimentaires.

La consommation et les échanges

Les consommateurs sont les agriculteurs et les producteurs de services des deux régions. Tous ont la même fonction d'utilité. Les produits agricoles sont différenciés selon leur origine géographique. Ils sont échangés selon l'hypothèse d'Armington (1969). Ces deux hypothèses impliquent que les agriculteurs sont susceptibles de consommer des produits agricoles importés. Ce choix de modélisation découle tout d'abord du fait que la consommation alimentaire des agriculteurs tend à se rapprocher de celle des autres catégories socio-professionnelles (INSEE, 1993). En second lieu, le passage d'un schéma de type « agriculture familiale » à celui « d'agriculture d'entreprise » a conduit à l'externalisation des fonctions de transformation des produits agricoles en produits de consommation (transformation du lait, abattage des animaux...). Ainsi, l'auto-consommation de la production agricole devient marginale. Les services ne sont quant à eux pas exportés.

La fonction d'utilité des consommateurs est de type Cobb-Douglas :

$$U = C_a^{1-\mu} C_s^\mu \quad (10)$$

où C_s est la consommation de services, C_a la consommation alimentaire et μ la part du revenu consacrée aux services ($\mu \leq 1$).

Le panier alimentaire, C_a , est une fonction de sous-utilité de type CES qui modélise des relations de substitution entre les produits alimentaires disponibles. Ce type de fonction est classiquement utilisé dans les modèles en concurrence imparfaite (Dixit et Stiglitz, 1977). Deux types d'effets de substitution sont pris en compte.

La consommation alimentaire des ménages est composée de N types de produits substituables entre eux. Ce nombre de catégories de produits est propre à chaque région ($N_1 + N_2 = N$). On a donc :

$$C_a = \left[\sum_{i=1}^N C_i^{(\sigma-1)/\sigma} \right]^{\sigma/(\sigma-1)} \quad (11)$$

où N est le nombre de types de produits et σ ($\sigma \geq 1$), l'élasticité de substitution entre ces variétés. Le nombre de ces produits est suffisamment grand pour que les producteurs considèrent une fonction de demande simplifiée qui est de la forme ($d_i = mp_i^{-(\sigma\gamma)}$) (Calmette et Le Pottier, 1995).

Chaque zone produit un panier de biens agricoles composé respectivement de N_1 et N_2 variétés. Les produits sont différenciés d'après leur origine géographique de production selon l'hypothèse d'Armington. Les consommateurs sont donc en mesure de distinguer i_1 et i_2 , produits respectivement dans les zones 1 et 2. Sans distinction particulière du produit (marque régionale, Appellation d'origine contrôlée, Indication géo-

graphique de provenance...), les produits des deux régions sont très substituables. Tel est le cas, par exemple, des produits génériques (viande de bœuf hachée, lait...). C_i est une fonction de type CES qui traduit une préférence pour la diversité :

$$C_i = \left(C_{i2}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + C_{i2}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (12)$$

où γ est l'élasticité de substitution entre i_1 et i_2 ($\gamma \geq 1$ et quel que soit $i = 1 \dots N$).

Cette fonction, comme la précédente (équation 11), est homogène de degré 1, ce qui implique que la consommation relative de produits substituables ne dépend pas du niveau de revenu (De Melo et Grether, 1997, p. 265). Afin de synthétiser la présentation des résultats, i_1 et i_2 sont considérés comme représentant l'agrégat de produits agricoles de chacune des deux régions.

Les consommateurs supportent deux types de coûts de transport. Le premier est un coût classique d'importation des produits agricoles. Le second est un « coût de collecte » des produits agricoles. Rappelons que ce coût de collecte résulte de la dispersion de la production sur chaque territoire régional et que cette dispersion est liée au fait que l'activité de production agricole est consommatrice d'espace. Ce coût de collecte est fonction du niveau d'intensification de la production dans la région. En effet, logiquement, plus la production est intensive, donc concentrée sur une surface donnée, et moins le coût de collecte unitaire est élevé. Les rendements techniques agricoles (R_i) étant exogènes dans le modèle, les coûts de collecte sont aussi paramétriques et propres à chaque région. Le coût de collecte revient à considérer un coût de transport intra-régional comme l'ont notamment proposé Martin et Rogers (1995). Ici, il n'est pas associé à la distribution de produits transformés, mais seulement à la centralisation des outputs agricoles au sein de chaque région.

Les deux types de coûts de transport sont modélisés sous la forme « iceberg » de Samuelson (1954). Classiquement utilisée dans les modèles d'économie géographique, cette formalisation permet de considérer un coût de transport en termes de produits. On considère qu'une fraction seulement (avec $\Theta < 1$ et $\tau_r < 1$) du produit transporté arrive à destination. Les coefficients utilisés (Θ , τ_r) sont donc inversement proportionnels au coût de transport considéré. En cas de coûts de transport positifs, les quantités demandées sont supérieures aux quantités consommées. Ces coûts de transport sont, par conséquent, source de différence entre prix à la production et prix à la consommation et sont intégralement supportés par les ménages. Ils constituent un obstacle aux échanges dans les modèles d'économie géographique comme dans les modèles de gravité (Andersen, 1979; Bergstrand, 1989).

Les consommateurs de chaque zone ayant la même fonction d'utilité, la contrainte individuelle se retrouve au niveau régional. Pour la ré-

gion 1, si nous définissons p_{s1} le prix des services, p_{i1} et p_{i2} les prix des produits agricoles à la production dans chaque zone, τ_{i1} et τ_{i2} le coût de collecte des produits agricoles dans chacune des deux zones, Θ le coût d'exportation des produits agricoles ($\tau_{i1} < 1$, $\tau_{i2} < 1$ et $\Theta < 1$), et $D_{i1,1}$ et $D_{i2,1}$ la demande régionale de la zone 1 pour, respectivement, les produits agricoles locaux (1) et importés (2), la contrainte budgétaire régionale s'écrit :

$$Y_1 = p_{s1}C_{s1} + \frac{p_{i1}}{\tau_{i1}}D_{i1,1} + \frac{p_{i2}}{\Theta\tau_{i2}}D_{i2,1} \quad (13)$$

Les hypothèses de consommation sont symétriques dans la région 2. Notre choix de modélisation est tel que les coûts de collecte et d'exportation sont intégralement supportés par les consommateurs. Par ailleurs, la modélisation du coût de collecte sous forme « iceberg » implique que ce coût est homogène pour l'ensemble des exploitations de chaque région. Le coût de collecte n'est donc pas fonction de la distance entre l'exploitation agricole et le centre de la région. Il représente un coût de collecte moyen pour la région. Ce choix de modélisation induit une rente foncière (v_a) homogène pour les exploitations de chaque région.

L'ÉQUILIBRE DE L'ÉCONOMIE

La formation de l'équilibre de l'économie considérée est présentée par étapes. Dans un premier temps, l'offre agricole par unité de production et, par suite, la dimension des exploitations des zones 1 et 2 sont déterminées. Les prix payés aux agriculteurs sont ensuite définis. À ce stade de la résolution, ces prix restent fonction du salaire agricole et de la rente foncière. Ils permettent alors de déterminer la demande des consommateurs des deux régions pour chaque produit, les niveaux de demande restant dépendants des revenus régionaux et des salaires. Les marchés agricoles étant à l'équilibre, l'adéquation de la demande globale et de l'offre individuelle des exploitations permet de définir le nombre d'unités de production dans chaque région, et par conséquent les surfaces cultivées. Les services n'étant pas exportables, l'équilibre de ce secteur est interne à chaque région. La dernière étape consiste à définir le niveau de rémunération des facteurs et les revenus régionaux. Ces revenus régionaux, les salaires et la rente foncière permettent alors de déterminer les niveaux optimaux des prix, de la demande et donc des surfaces mises en culture dans chaque région. La répartition sectorielle de la population est ensuite déterminée. Le mode de résolution retenu suppose qu'*ex ante* l'effectif de travailleurs est suffisant, dans chaque région, pour satisfaire les conditions d'équilibre sur le marché des biens alimentaires, donc de satisfaire les besoins en main-d'œuvre du secteur agricole.

L'offre individuelle et la dimension des exploitations

A long terme, la dimension structurelle optimale d'une exploitation correspond au minimum du coût moyen de production. Ce minimum correspond également au point d'égalisation du coût marginal et du coût moyen.

Le coût moyen de production en input du produit agricole i dans la zone 1 est de la forme :

$$CM_{i1} = \frac{\alpha_1}{t_{i1} R_{i1}} + \beta_{i1} + \frac{2}{3} \frac{\delta_{i1}}{R_{i1}} \sqrt{\frac{t_{i1}}{\pi}} + \frac{1}{R_{i1}} \quad (14)$$

Le coût marginal en input correspondant dans chaque exploitation agricole est de la forme :

$$Cm_{i1} = \beta_{i1} + \frac{\delta_{i1}}{R_{i1}} \frac{\sqrt{t_{i1}}}{\sqrt{\pi}} + \frac{1}{R_{i1}} \quad (15)$$

L'égalisation du coût marginal et du coût moyen permet de définir la dimension d'équilibre et le niveau de production de l'exploitation (cf. annexe 2). Etant donné la relation technique décrite par l'équation (1), la dimension, la production et le coût marginal d'équilibre s'écrivent :

$$t_{i1}^* = \left(3\sqrt{\pi} \frac{\alpha_1}{\delta_{i1}} \right)^{2/3} \quad q_{i1}^* = R_{i1} \left(3\sqrt{\pi} \frac{\alpha_1}{\delta_{i1}} \right)^{2/3} \quad (16)$$

$$\text{et } Cm_{i1}^* = \underbrace{w_a \left(\beta_{i1} + \frac{1}{R_{i1}} \left(\frac{3\alpha_1 \delta_{i1}^2}{\pi} \right)^{1/3} \right)}_{\text{travail}} + \underbrace{\frac{v_a}{R_{i1}}}_{\text{terre}}$$

Logiquement, la dimension d'équilibre de l'exploitation « mono-produit » est une fonction croissante du coût fixe (α_1), et une fonction décroissante des coûts de déplacement par unité de distance internes à l'exploitation (δ_{i1}). Dans les modèles d'économie géographique (Krugman, 1991a et b; Fujita *et al.*, 1999), la dimension des firmes produisant à rendements d'échelle croissants dépend de l'input marginal, soit ici β_i . Ce n'est pas le cas ici. En effet, le fait que chaque exploitation produise à rendements d'échelle croissants, puis décroissants, implique que la dimension d'équilibre est uniquement fonction des sources d'économies et de déséconomies d'échelle. Le coût unitaire en input (β_i) joue sur le niveau des coûts (total, moyen, marginal, marginal d'équilibre), mais pas sur les équilibres structurels de production individuels (dans l'expression 16).

L'augmentation de l'intensité capitalistique des activités de production agricole liée à la mécanisation du secteur est à l'origine d'une augmentation des coûts fixes de production. Dans le même temps, cette mécanisation génère une baisse des coûts de transport unitaires internes à l'explo-

tation. Ces deux phénomènes sont observables à partir de l'expression (16) où l'on voit qu'un accroissement du coût fixe α_1 et une diminution du coût de transport interne à l'exploitation δ_{i1} contribuent conjointement à accroître la dimension d'équilibre des exploitations. Une telle augmentation est constatée en longue période en Europe notamment, quel que soit le secteur de production considéré (Eurostat, 2000).

La formation des prix

Le principe de formation des prix retenu permet, dans une certaine mesure, de considérer la spécificité du secteur agricole dans les bassins de production. Les exploitations agricoles sont réparties sur le territoire et sont en concurrence sur le marché des facteurs. Les exploitations produisant la même variété forment des «groupements de producteurs» dans chaque région. Un groupe d'exploitations produit une variété. Les prix sont formés au niveau de ces groupements de producteurs, qui sont en situation de concurrence monopolistique. Le principe de libre entrée, lié à la mobilité intersectorielle des agents, induit une annulation des profits du secteur à long terme. Chaque groupement centralise la production, et supporte les coûts de collecte des produits sur le territoire. Ces coûts de collecte sont intégralement répercutés sur les prix à la consommation des biens alimentaires (13).

Les produits étant différenciés selon leur origine géographique de production, les producteurs d'une région sont en concurrence avec les producteurs de l'autre région (12). Ainsi, les groupements de producteurs sont en concurrence à deux niveaux. Ils intègrent une forme simplifiée de la demande en considérant les deux coefficients représentant les deux niveaux de substitution (σ et γ). La maximisation du profit des exploitants permet de définir le niveau des prix à la production (cette maximisation est présentée en annexe 3) :

$$p_{i1} = \left[\frac{v_{a1}}{r_{i1}} + w_{a1} \left(\beta_{i1} + \frac{1}{r_{i1}} \left(\frac{3\alpha_1 \delta_{i1}^2}{\pi} \right)^{1/3} \right) \right] \left(\frac{\sigma\gamma}{\sigma\gamma - 1} \right) \quad (17)$$

Ces prix sont ceux payés aux exploitants. Ils sont une fonction croissante du niveau de rémunération de l'activité agricole (w_{a1}), de la rente foncière (v_{a1}), de l'élasticité de substitution entre les biens différenciés selon leur origine géographique de production (γ) et du degré de substitution entre types de produits ou variétés (σ), des coûts unitaires de production (β_{i1}), des coûts fixes (α_1) et des coûts de déplacement internes à l'exploitation (δ_{i1}). Ils sont une fonction décroissante des rendements physiques de production (R_{i1}).

Les prix à la consommation intègrent, quant à eux, les coûts de collecte des produits agricoles (τ_{i1}) et le coût de transport du produit entre les deux régions (Θ) lorsque les produits agricoles sont exportés.

Les quantités consommées et échangées

Les hypothèses de consommation et d'échanges des produits alimentaires sont telles que les consommateurs ont la possibilité de consommer des produits locaux et des produits importés. Ils maximisent leur utilité (10), (11), (12) sous contrainte budgétaire (13), et étant donné les rapports de prix à la consommation. Ainsi, les conditions de Kuhn et Tucker permettent de déterminer la consommation de service dans chaque zone, la consommation de produits alimentaires locaux et importés en fonction des revenus régionaux. La maximisation globale intègre la fonction Cobb Douglas (10) et les deux niveaux de fonction CES (11) et (12). Le principe de maximisation d'une fonction CES à deux niveaux sous contrainte de budget est présenté par Bismut et Oliveira-Martins (1989). Soit dans la zone 1, la consommation de services (C_{s1}), la demande de produits agricoles locaux ($D_{i1,1}$) et la demande de produits agricoles importés ($D_{i2,1}$)⁽⁴⁾:

$$C_{s1} = \frac{Y_1 \mu}{p_{s1}}$$

$$D_{i1,1} = \frac{Y_1 (1 - \mu) \tau_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1} \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma + p_{i1} \tau_{i2} \Theta} \quad (18)$$

$$D_{i2,1} = \frac{Y_1 (1 - \mu) \tau_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i1} \tau_{i2} \Theta \left(\frac{p_{i2} \tau_{i1}}{p_{i1} \tau_{i2} \Theta} \right)^\gamma + p_{i2} \tau_{i1}}$$

Les fonctions de demande sont symétriques dans la zone 2. Si l'on remplace, dans les expressions des demandes de produits alimentaires (18), les prix à la production par les prix à la consommation (incluant les coûts de collecte et d'exportation), on obtient:

$$D_{i1,1} = \frac{Y_1 (1 - \mu) \left(\frac{p_{i1,1}}{p_{i2,1}} \right)^{-\gamma}}{p_{i1,1} \left(\frac{p_{i1,1}}{p_{i2,1}} \right)^{-\gamma} + p_{i2,1}} \quad D_{i2,1} = \frac{Y_1 (1 - \mu)}{p_{i1,1} \left(\frac{p_{i1,1}}{p_{i2,1}} \right)^{-\gamma} + p_{i2,1}} \quad (18')$$

où $p_{i1,1}$ est le prix à la consommation du produit i local et $p_{i2,1}$ celui du produit i importé.

Le dénominateur des expressions (18') peut être assimilé à un indice des prix alimentaires dans la région 1. Cette expression est liée à la fonction CES relative à l'arbitrage des consommateurs entre produits locaux et produits importés.

⁽⁴⁾ Lorsque l'on spécifie un double indice régional, le premier correspond à la zone de production et le second à la région de consommation. Ainsi, $D_{i2,1}$ est la demande des produits de la région 2 par les consommateurs de la région 1.

Ces formes réduites des expressions de la demande de produits alimentaires font apparaître le coefficient γ , relatif à la substitution entre produits différenciés selon leur origine géographique, mais pas le coefficient σ , relatif à la substitution entre variétés. Ce dernier est toutefois présent implicitement dans ces expressions *via* les prix agricoles (17). Il est en effet, au même titre que γ , une composante du *mark up* sur les prix. Ainsi, il est intéressant de noter que les deux coefficients figurant les relations de substitution entre variétés (σ) et entre produits différenciés selon leur origine géographique (γ) n'interviennent pas de la même manière dans les fonctions de demande de produits alimentaires. Un changement de préférences des consommateurs n'aura pas, par conséquent, le même impact sur la demande, et donc sur la production, s'il résulte d'une augmentation classique de la préférence pour la variété (σ) ou s'il résulte d'une augmentation de la préférence pour les produits locaux par rapport aux produits importés (γ).

Par ailleurs, on retrouve *via* les prix à la production, les composantes du coût de production agricole dans les fonctions de demande de produits alimentaires. La demande alimentaire est donc également fonction des coûts fixes (α), des coûts unitaires (β) et du coût de déplacement interne dans les exploitations (δ). Elle est, par ailleurs, fonction des rendements techniques agricoles (R) et du niveau de rémunération des facteurs de production. Ainsi, les éléments définissant la compétitivité des exploitations sont déterminants du niveau de la demande de produits alimentaires. La demande et la localisation des productions seront par conséquent fonction de l'asymétrie inter-régionale sur les coûts de production agricoles.

L'offre de chaque produit dans chaque zone doit couvrir la demande régionale et la demande d'importation de l'autre région. Les conditions d'équilibre sur les marchés sont telles que les nombres d'unités de production (*i.e.* d'exploitations) agricole N_{a1} et N_{a2} dans les régions 1 et 2 s'écrivent :

$$\begin{cases} N_{a1} = \frac{D_{i1,1} + D_{i1,2}}{q_{a1}^*} \\ N_{a2} = \frac{D_{i2,1} + D_{i2,2}}{q_{a2}^*} \end{cases} \quad (19)$$

où q_{a1}^* et q_{a2}^* sont l'offre agricole d'équilibre par exploitation des régions 1 et 2.

Les revenus régionaux et la répartition sectorielle de la population

Les revenus régionaux sont donnés par les équations (5) et (8) :

$$\begin{aligned} Y_1 &= w_{s1}L_{s1} + w_{a1}L_{a1} + v_{a1}T_1 \\ Y_2 &= L_{s2} + w_{a2}L_{a2} + v_{a2}T_2 \end{aligned}$$

$$\text{et} \quad \bar{Y} = Y_1 + Y_2 \quad (5)$$

$$\text{Soit} \quad \bar{Y} = w_{s1} \bar{L}_1 + \bar{L}_2 \quad (8)$$

$$\text{Ainsi,} \quad Y_1 = \bar{Y} - \bar{L}_2 \quad \text{et} \quad Y_2 = \bar{L}_2 \quad (20)$$

Etant donné les relations entre les niveaux de rémunération des différentes catégories de main-d'œuvre et la rente foncière, il nous reste à définir la répartition des revenus agricoles entre rémunération du travail (w_a) et rémunération de la terre (v_a) propre à chaque région. D'après l'équation (6), on a :

$$w_{s1} = w_{a1} + v_{a1} (t_{i1}^* / l_{a1}^*) \quad \text{et} \quad 1 = w_{a2} + v_{a2} (t_{i2}^* / l_{a2}^*) \quad (6)$$

Le niveau d'emploi d'équilibre dans les exploitations agricoles est défini à partir des équations (2) et (16). Etant donné les hypothèses posées sur les coûts de collecte des produits agricoles (iceberg et coût de collecte unique pour l'ensemble des exploitations de la région), la rente foncière est homogène entre les exploitations agricoles de chaque région.

On considère dans un premier temps que l'activité de production agricole n'occupe pas la totalité de l'espace productif disponible dans chaque région. Ainsi, avec $\bar{T}_1$ et $\bar{T}_2$, le foncier agricole disponible dans chaque région et T_{i1} et T_{i2} , les surfaces consacrées à la production de chaque variété, on pose la condition :

$$\bar{T}_1 > \sum_{i=1}^{N_1} T_{i1} \quad \text{et} \quad \bar{T}_2 > \sum_{i=1}^{N_2} T_{i2} \quad (21)$$

La rente foncière étant homogène dans chaque région et la contrainte foncière n'étant pas saturée, cette rente est nulle dans chacune des deux régions de l'économie. Cette rente nulle implique que les salaires agricoles sont équivalents à ceux de l'autre secteur d'activité dans chaque région :

$$w_{a1} = (\bar{Y} - \bar{L}_2) / \bar{L}_1 \quad \text{et} \quad w_{a2} = 1 \quad (22)$$

La définition des salaires régionaux permet de déterminer le niveau des prix des outputs agricoles (17), donc les prix à la consommation. Plus précisément, le rapport des salaires régionaux permet de fixer le rapport des prix agricoles à la production dans les deux régions. Soit :

$$\frac{p_{i1}}{p_{i2}} = \left(\frac{Y - \bar{L}_2}{\bar{L}_1} \right) \frac{\beta_{i1} R_{i1} + \left(\frac{3}{\pi} \alpha_1 \delta_{i1}^2 \right)^{1/3}}{\beta_{i2} R_{i2} + \left(\frac{3}{\pi} \alpha_2 \delta_{i2}^2 \right)^{1/3}} \quad (23)$$

Le rapport des prix agricoles permet ensuite de déterminer la demande optimale de produits agricoles (18), donc, l'offre correspondante dans chaque zone. Le nombre d'unités de production est alors déterminé

comme le rapport entre la demande de produits agricoles (*i.e.* la somme de la demande locale et de la demande d'exportation) et le niveau de production individuel d'équilibre des exploitations (19).

Les services n'étant pas exportés, l'équilibre sectoriel est régional. Ainsi, l'offre régionale est égale à la demande régionale des services. Les hypothèses associées aux conditions de répartition des revenus entre consommation de services et consommation alimentaire sont telles que l'ajustement s'effectue par le prix des services. Ainsi, la fonction de demande de services (18) et les conditions d'équilibre offre/demande sur le marché de ces services permettent d'écrire :

$$L_{s1} = (\mu Y_1) / p_{s1} \quad \text{et} \quad L_{s2} = (\mu Y_2) / p_{s2} \quad (24)$$

Les services sont, par hypothèse, produits à rendements d'échelle constants. Etant donné les hypothèses posées quant à la technologie de production du secteur « service », à l'équilibre, le prix de l'output « service » est égal au salaire dans ce secteur, au sein de chaque région. Le salaire de ce secteur dans la région 2 est le numéraire de l'économie. En conséquence, le prix des services est égal à 1 dans la région 2 et au salaire défini par l'équation (9) dans la région 1. On a donc :

$$p_{s1} = (\bar{Y} - \bar{L}_2) / \bar{L}_1 \quad \text{et} \quad p_{s2} = 1 \quad (9')$$

Les conditions d'équilibre sur le marché du service (24) et les relations (9) et (9') nous permettent de définir le niveau d'emploi dans le secteur service de chaque région. Soit :

$$L_{s1} = \mu \bar{L}_1 \quad \text{et} \quad L_{s2} = \mu \bar{L}_2 \quad (25)$$

Etant donné la relation relative à la répartition sectorielle de la main-d'œuvre (4), on définit le niveau de la main-d'œuvre agricole. Soit :

$$L_{a1} = (1 - \mu) \bar{L}_1 \quad \text{et} \quad L_{a2} = (1 - \mu) \bar{L}_2 \quad (25')$$

Cette répartition sectorielle de la main-d'œuvre associée aux conditions de formation des revenus régionaux (5) permet de déterminer la relation entre le salaire agricole et la rente foncière. Soit :

$$w_{a1} = \frac{\bar{Y} - \bar{L}_2}{\bar{L}_1} - \frac{v_{a1} T_1}{(1 - \mu) \bar{L}_1} \quad \text{et} \quad w_{a2} = 1 - \frac{v_{a2} T_2}{(1 - \mu) \bar{L}_2} \quad (26)$$

On retrouve dans cette expression le cas particulier d'une rente foncière nulle. Dans ce cas, le salaire agricole est équivalent au salaire du secteur « service ». En revanche, dès lors que la contrainte foncière est saturée dans une région, la rente devient positive. On a alors $T_1 = \bar{T}_1$ et/ou $T_2 = \bar{T}_2$ et la rente foncière est de la forme suivante :

$$v_{a1} = \frac{(\bar{Y} - \bar{L}_2 - w_1 \bar{L}_1) (1 - \mu)}{\bar{T}_1} \quad \text{et} \quad v_{a2} = \frac{(1 - w_{a2}) (1 - \mu) \bar{L}_2}{\bar{T}_2} \quad (27)$$

Ainsi, en cas de rente foncière positive, celle-ci est logiquement inversement proportionnelle à la disponibilité régionale en terre.

Les surfaces cultivées dans chaque région

Les niveaux d'équilibre des revenus régionaux et des prix des produits alimentaires permettent de définir le niveau de la demande de produits locaux et de produits d'importation de chaque région. L'offre régionale doit satisfaire la demande régionale et la demande d'exportation. La relation entre les quantités produites et les surfaces cultivées, observée au niveau des exploitations (équation 1), est applicable au niveau de la région. Les surfaces effectivement cultivées à l'équilibre dans chaque région s'écrivent par conséquent ⁽⁵⁾:

$$\begin{cases} T_{i1} = \frac{D_{i1,1} + D_{i1,2}}{R_{i1}} \\ T_{i2} = \frac{D_{i2,2} + D_{i2,1}}{R_{i2}} \end{cases} \quad (28)$$

A un premier niveau d'analyse, on constate que les surfaces cultivées sont dépendantes des fonctions de demande. Les caractéristiques relatives à l'offre interviennent dans la définition des surfaces cultivées à travers la définition des prix. Par ailleurs, le niveau des coûts de transport (collecte et exportation) conditionne les prix à la consommation, donc les surfaces cultivées. Enfin, les surfaces cultivées au niveau régional dépendent aussi des caractéristiques générales de l'économie. Ces caractéristiques concernent la répartition de la population entre les deux régions et la part des revenus consacrée à la consommation de produits alimentaires. Les caractéristiques relatives aux conditions de production, observées au niveau des exploitations agricoles, conditionnent le niveau des prix. La demande relative de produits locaux et de produits importés est fonction des prix relatifs des produits alimentaires différenciés selon leur origine géographique de production. Une hausse des prix des biens alimentaires produits dans la région 1 se traduit par une baisse de la demande locale et par une baisse de la demande d'exportation (cf. annexe 5). De manière symétrique, *ceteris paribus*, la demande adressée à la région 1 est une fonction croissante des prix à la production observés dans la région 2, région concurrente (cf. annexe 5). Ces phénomènes relèvent d'effets classiques de compétitivité-prix.

Ainsi, une amélioration de la compétitivité dans une des deux régions au niveau des exploitations (α, β, δ) ou au niveau de la collecte (τ) constitue une force d'agglomération de l'activité de production agricole

⁽⁵⁾ On considère ici que le produit i est l'agrégat produit dans chaque région. L'expression de ces surfaces est développée dans l'annexe 4.

dans cette région (avantages compétitifs). L'ampleur de l'augmentation des surfaces cultivées induite par un tel changement est fonction du niveau de l'élasticité de substitution entre les produits différenciés selon leur origine géographique de production (γ). Une baisse des coûts d'exportation (Θ), induite par la baisse générale à long terme des coûts de transport ou par une baisse du niveau de protection tarifaire entre deux espaces économiques (intégration), par exemple, entraîne une concentration de la production dans la région la plus compétitive, en situation d'asymétrie de coûts de production si les produits sont très substituables. En revanche, si les produits sont très différenciés selon leur origine géographique (γ faible), cette baisse des coûts d'exportation permet une augmentation de la production dans les deux régions (Daniel, 2000, 2001). Ce phénomène n'est pas observé si l'on considère les résultats en fonction de σ , le coefficient classique de substitution entre les variétés.

Le modèle s'appuie sur une répartition de la population exogène entre les deux régions de l'économie. La situation démographique est telle que dans les pays industrialisés, et notamment en Europe, on assiste à des phénomènes d'urbanisation, donc de concentration géographique de la population. La section suivante examine les effets sur la localisation de la production agricole d'une modification de la répartition géographique de la population.

LA LOCALISATION DES CONSOMMATEURS ET DES PRODUCTIONS AGRICOLES

Sous les hypothèses de notre modèle, la localisation de la demande de produits agro-alimentaires, en volume, est liée à la localisation de la population (équations 18 et 20). En Europe, sur longue période, on assiste à un phénomène d'urbanisation qui accroît les différentiels de population entre les régions de l'Union. Ainsi, certains bassins de production subissent une diminution de la population locale, qui se traduit par une baisse de la demande locale (« *home market effect* »), tandis que d'autres bassins voient leur population s'accroître.

Pour examiner les effets potentiels d'un tel mouvement de concentration de la population sur la localisation de la production agricole, nous simulons, à l'aide de notre modèle, une modification de la répartition géographique de la population en faveur de l'une des deux régions. Nous discutons ensuite des possibilités d'adaptation du secteur agricole dans l'hypothèse d'une saturation de l'espace productif dans la région voyant sa production agricole augmenter.

Effet mécanique d'une concentration géographique de la population

Une modification de la répartition de la population entre les deux régions modifie la localisation de la demande de produits agricoles. On considère initialement une situation d'équirépartition de la population entre les deux régions de l'économie. On a alors :

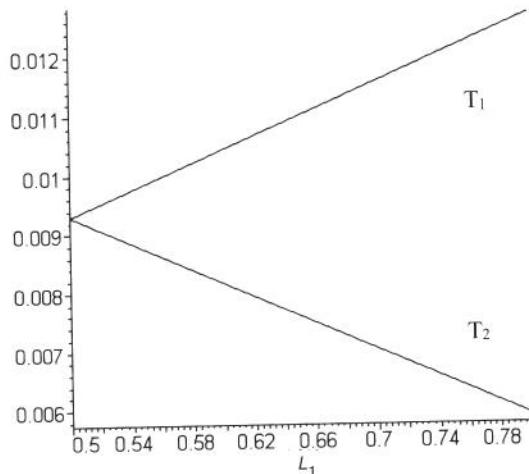
$$\bar{L} = 1 \qquad \bar{L}_1 = 0.5 \qquad \bar{L}_2 = 0.5$$

Un processus de concentration géographique de la population dans l'une des deux régions se traduit par une variation du ratio $(\bar{L}_1/\bar{L}_2)$. On suppose que la migration s'effectue de la région 2 vers la région 1 et que cette dernière voit sa part de la population totale croître progressivement de 50 à 80 %. Le ratio $(\bar{L}_1/\bar{L}_2)$ passe par conséquent de 1 à 4.

On considère dans ce scénario que la contrainte foncière régionale n'est pas saturée. Ainsi, la rente foncière reste nulle dans les deux régions et le salaire agricole est équivalent à celui du secteur « service ».

Afin de centrer l'attention sur l'impact de la concentration géographique de la population sur la localisation des productions agricoles, on considère que les exploitations des deux régions ont des coûts de production en input (2) et des rendements (1) comparables. En cas de contrainte foncière non saturée (rente foncière nulle), les coûts de production sont équivalents dès lors que les salaires des deux régions sont égaux. Avec le salaire de la région 2 numéraire de l'économie et la définition du salaire de la région 1 donnée par l'équation (9), cette situation est telle que $\bar{Y} = \bar{L}_1 + \bar{L}_2$. Étant donné les paramètres choisis pour la population, ce cas particulier se traduit par $\bar{Y} = 1$. Cette situation est présentée sur le graphique 1.

Graphique 1.
Espaces cultivés dans
les régions 1 (T_1) et 2
(T_2) en fonction de la
répartition
de la population.
Concentration
géographique de la
population dans la
région 1



Une situation d'équitépartition de la population entre les deux espaces productifs est, dans le cas présenté (cf. annexe 6), synonyme d'égale répartition de la production agricole entre les deux régions. Un processus de concentration géographique de la population, donc de la demande de produits alimentaires dans une région (région 1), se traduit par un différentiel de surfaces cultivées entre les deux espaces productifs. Une migration de la population de la région 2 vers la région 1 se traduit par une concentration géographique de la production agricole dans la région dont la population augmente. Le différentiel de ces surfaces cultivées entre les deux régions de l'économie s'accroît avec le différentiel de population.

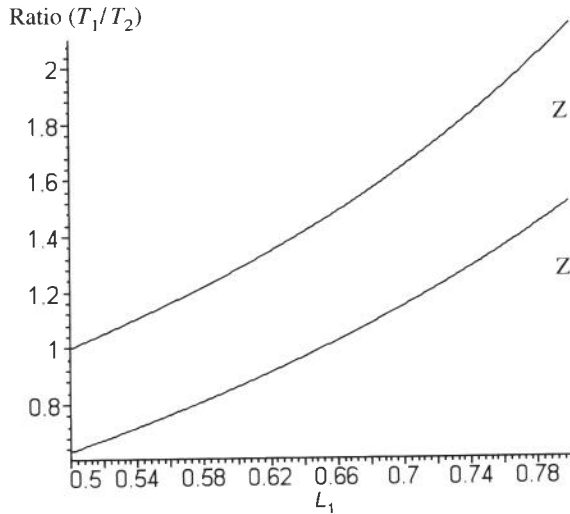
Ce résultat est notamment lié au fait que le transport des produits agricoles est coûteux. Si le coût d'importation des produits est nul, soit $\Theta = 1$, en situation de symétrie parfaite des coûts de production entre les régions, une concentration géographique de la population dans l'une des deux régions n'a pas d'effet sur la localisation des productions agricoles. En revanche, plus le coût d'importation est élevé, plus les mouvements de concentration de la population et de la production sont liés. Ce résultat est observé dès lors que l'on ne se trouve plus en situation de parfaite symétrie sur les coûts de production régionaux. Si l'hypothèse ($\bar{Y} = \bar{L}_1 + \bar{L}_2$) n'est pas retenue, la concentration géographique de la population génère l'asymétrie sur les coûts, *via* l'ajustement des salaires (9) et (22).

En effet, dès lors que $\bar{Y} \neq \bar{L}_1 + \bar{L}_2$, on a $w_{s1} \neq w_{s2}$ et $w_{a1} + v_{a1}(t_{i1}^*/l_{a1}^*) \neq w_{a2} + v_{a1}(t_{i2}^*/l_{a2}^*)$ (9) et (22). Ce principe d'ajustement des salaires se répercute sur les prix agricoles (17). Ce différentiel de compétitivité varie avec la concentration géographique de la population. Ce n'est pas le cas quand le différentiel de compétitivité concerne les seuls éléments du coût de production en input des exploitations. Si on considère que $\bar{Y} > \bar{L}_1 + \bar{L}_2$, on a $w_{s1} > w_{s2}$ et $w_{a1} + v_{a1}(t_{i1}^*/l_{a1}^*) > w_{a2} + v_{a1}(t_{i2}^*/l_{a2}^*)$, soit en cas de rente foncière nulle, $w_1 > w_2$. La région 1 est alors moins compétitive que la région 2. En cas d'équitépartition de la population, la région 1 produit moins que la région 2. En cas de migration de la population dans la région 1, celle-ci améliore sa compétitivité, et le salaire de la région 1 tend à se rapprocher de celui de la région 2. Il reste toutefois supérieur à celui de la région concurrente⁽⁶⁾. Ainsi, dans tous les cas, la région 1 bénéficie de l'effet direct de la migration en termes de demande, dès lors que les coûts d'importation sont positifs. Par contre, un salaire plus élevé dans cette région a un effet dispersif sur la localisation de la production. Par ailleurs, la migration se traduit par une baisse du salaire de cette région par rapport à la situation d'équitépartition de la population. Ainsi, l'accroissement de la demande lié à la migration est atténué par un effet revenu. En effet, le fait que le salaire régional diminue quand la population augmente induit que le revenu ré-

⁽⁶⁾ Avec $\bar{L} = \bar{L}_1 + \bar{L}_2 = 1$, on a $\lim_{\bar{L}_1 \rightarrow 1} w_1 = \bar{Y}$, soit dans le cas où $\bar{Y} > \bar{L}$, $w_1 > w_2$.

gional croît dans une proportion moindre que la population. La concentration géographique de la production n'est donc pas une fonction linéaire de la localisation de la population. Le graphique 2 présente l'évolution des ratios des surfaces cultivées (T_1/T_2) dans les régions 1 et 2. La première courbe (Z) correspond à la situation représentée par le graphique 1 tandis que la seconde courbe (Z') se rapporte à une situation telle que $w_1 > w_2$ (cf. annexe 6).

Graphique 2.
Rapport des surfaces
cultivées en 1 et 2
pour deux niveaux de
revenu global de
l'économie $\bar{Y} = 1$ (Z)
et $\bar{Y}' = 1,1$ (Z') en
fonction de la
population localisée
dans la région 1



Ces résultats supposent que la région dans laquelle la population augmente dispose de surfaces cultivables disponibles afin d'accroître la production agricole. Si ce n'est pas le cas, sans changement technique, la région dont la population décroît garde sa part de la production. Une telle situation conduit à une augmentation de la part du revenu des consommateurs consacrée aux coûts d'importation des produits dans la région dont la population croît. Par ailleurs, dans la région où la disponibilité en terre devient nulle, la rente foncière devient positive. Dans ce cas, l'utilité de ces consommateurs diminue. L'adaptation des systèmes techniques agricoles permet, en longue période, de contourner ce problème. Si dans une région, la contrainte foncière est saturée, une augmentation du rapport entre production et surfaces cultivées permet d'augmenter la production sans créer de besoins supplémentaires en terre. Ce ratio entre production et espace correspond aux rendements techniques agricoles, *i.e.* à la productivité de la terre.

L'intensification de la production, la modification du rapport Production/Espace

Les progrès techniques réalisés dans le secteur agricole ont permis d'accroître la productivité des facteurs, et notamment la productivité de la terre de manière significative. En France, le rendement moyen natio-

nal pour la culture de blé tendre, par exemple, était de 25 quintaux/hectare en 1965. Il est de 65 quintaux/hectare aujourd'hui. Pour la production laitière, l'augmentation de la production par unité de surface est liée à deux phénomènes: l'augmentation de la production moyenne de lait par vache laitière, d'une part, l'augmentation du niveau de chargement (nombre d'animaux par unité de surface fourragère) dans les zones d'élevage les plus productives, d'autre part.

Ainsi, les progrès techniques réalisés dans le secteur agricole, en accroissant de manière significative la productivité de la terre, permettent une concentration de la production dans les bassins de production bénéficiant d'un accroissement de la population. Ces progrès techniques rendent possible la concentration géographique de la population même si la région bénéficiant du solde migratoire ne dispose pas de terres supplémentaires à mettre en culture.

Evidemment, ce changement technique modifie également les équilibres régionaux. Il est coûteux et sera opéré dès lors que le coût d'importation des produits agricoles est élevé.

L'impact au niveau des exploitations

Dans le modèle présenté, une augmentation de la productivité de la terre pour la production de i est représentée via une variation positive du paramètre R_i . A un premier niveau d'analyse, les surfaces cultivées sont des fonctions inverses des rendements agricoles (26). Par ailleurs, ces rendements apparaissent dans la définition des prix (17). Ainsi, le prix à la production est une fonction inverse du rendement. *Ceteris paribus*, si les rendements augmentent dans une région, les prix à la production baissent. Cette hypothèse simple n'est pas réaliste puisque l'amélioration des rendements est généralement associée à un accroissement du coût en input. L'évolution des prix, dans ce cas, est fonction du *trade off* entre l'accroissement des coûts, source d'augmentation des prix et l'amélioration des rendements, source de baisse des prix.

Dans ce qui suit, on considère que l'amélioration des rendements est associée à une augmentation des coûts fixes de production (α) exclusivement. Cette hypothèse revient à considérer que l'amélioration des rendements est principalement liée à l'augmentation du capital fixe dans les exploitations. On fait l'hypothèse que l'amélioration des rendements est proportionnelle à l'augmentation du coût fixe dans les exploitations (i.e. $\partial R_i / R_i = \partial \alpha / \alpha$. Ce ratio est noté (Δ)). Sous ces hypothèses, étant donné l'expression des prix à la production (17), l'évolution des prix est notamment fonction du ratio $\left(\frac{\Delta^{1/3}}{\Delta} \right)$. Ainsi, l'amélioration des rendements a

un effet sur les prix plus important que l'augmentation du coût fixe. Dans ces conditions, l'amélioration des rendements parallèle à l'augmentation du coût fixe induit une baisse des prix à la production ⁽⁷⁾.

Par ailleurs, l'augmentation des coûts fixes de production induit une augmentation de la dimension d'équilibre des exploitations. L'amélioration des rendements contribue aussi à l'augmentation de la production individuelle d'équilibre des exploitations (16). Ainsi, il faut moins d'unités de production pour satisfaire un niveau de demande donné dans la région où s'opère le changement technique. On assiste donc à une concentration des moyens de production dans le secteur agricole.

L'impact régional

Dans cet exercice, l'amélioration des rendements, donc l'intensification de la production, est considéré comme un moyen pour le secteur agricole, au niveau régional, de faire face au manque de surfaces agricoles disponibles. Dans la région 1, la contrainte foncière est donc supposée active au niveau régional. Cette hypothèse implique que la rente foncière est positive dans la région. Les hypothèses de mobilité sectorielle de la main-d'œuvre et de profits nuls dans les secteurs de l'économie sont telles que les revenus agricoles et ceux du secteur « service » s'harmonisent. La saturation de la contrainte foncière tend à faire augmenter le niveau de la rente, et par conséquent, à faire baisser la part de la rémunération du travail dans le revenu total. Dans ce cas, le salaire agricole est inférieur au salaire du secteur « service » dans la région 1 (6). On assiste de manière globale à un changement de structure du revenu de la région où la contrainte foncière est active. La part du revenu régional provenant de la rémunération du travail baisse au profit de la rémunération du foncier.

Or, l'augmentation de la rente contribue à l'augmentation des prix agricoles, alors que la diminution du salaire agricole contribue à leur baisse (17). Toutefois, l'ajustement à la hausse des prix induite par l'augmentation de la rente est nul si cette rente croît dans les mêmes proportions que le rendement (17). Par contre, la baisse du salaire agricole et l'augmentation des rendements concourent à la baisse des prix agricoles.

Au niveau communautaire, l'accroissement des rendements a permis d'accroître la production dans les régions dont la densité de population est relativement élevée, notamment au nord de l'Union. Les pays ayant une forte densité de population et un espace agricole limité ont joué la

(7) Analyse à partir de la dérivée: $\frac{\partial \frac{\Delta^{1/3}}{\Delta}}{\partial \Delta} = -\frac{2}{3\Delta^{5/3}}$. Cette expression est négative quel que soit $\Delta > 0$.

carte de l'accroissement de la production par unité de surface. Tel est le cas des Pays-Bas, du Danemark et de la Belgique par exemple. L'accroissement de la production par unité de surface peut s'effectuer *via* le progrès technique pour une production spécifique (amélioration des rendements) ou *via* un changement d'orientation productive des exploitations agricoles au bénéfice de productions intensives. Ainsi, les ateliers de production hors sol, qui permettent un niveau de production élevé par unité de surface se sont particulièrement développés dans les zones où l'espace agricole disponible est limité.

CONCLUSION

Le modèle intègre de manière stylisée les déterminants principaux de la localisation à long terme de la production agricole entre deux espaces productifs. Il permet de considérer un différentiel de coûts de production entre les exploitations des deux régions, grâce auquel peuvent être modélisées des conditions pédo-climatiques de production distinctes entre les espaces productifs. Les déterminants de la compétitivité sont de nature agricole et agro-industrielle. On considère la dimension spatiale de la compétitivité des industries agro-alimentaires liée à la collecte des produits agricoles.

La dimension spatiale du modèle permet d'observer une spécificité du secteur agricole : les exploitations, à partir d'un certain seuil, produisent à rendements d'échelle décroissants. Cette spécificité freine notamment la concentration de l'emploi dans les exploitations. L'augmentation des coûts fixes de production, liée à la mécanisation de l'activité agricole, et la baisse globale des coûts de transport induisent l'agrandissement des structures productives. Les prix agricoles de long terme payés aux producteurs intègrent les coûts de production internes à l'exploitation. Le double niveau de différenciation des produits agricoles (variété et origine géographique de production) sont à l'origine de la définition du *mark up* sur ces prix à la production. Les prix à la consommation intègrent deux types de coûts de transport, le coût de collecte des produits dans les exploitations et, lorsque les produits ne sont pas consommés dans la région de production, un coût d'exportation. La considération d'un coût de collecte de la production au niveau régional est la conséquence directe du fait que l'activité de production agricole est « consommatrice d'espace ». Les exploitations sont donc réparties sur le territoire. Ce coût de collecte est un élément déterminant de la compétitivité des industries agro-alimentaires dans un bassin de production.

Un processus de migration de la population conduit à un phénomène de concentration géographique de la production agricole dans la zone bénéficiant du solde migratoire. Ce processus est lié au fait que l'importation de produits agricoles génère un coût. Si l'espace productif de la

région concernée par l'accroissement de la population est limité, une amélioration des rendements physiques de production agricole (productivité de la terre) permet d'accroître la production sans accroître, ou dans une moindre mesure, les surfaces mises en culture. Ce progrès technique permet de réduire les coûts liés à l'importation de produits agricoles (transport), il est donc bénéfique en terme de revenu. En revanche, il favorise la concentration géographique des productions sur le territoire. L'incitation à l'augmentation de la productivité de la terre sera élevée à proximité des pôles de consommation, donc des centres urbains ou, plus globalement dans les régions dont la densité de population est relativement élevée. Ainsi, le progrès technique accentue les processus de « déprise agricole » dans les régions les plus éloignées des centres de consommation, soit les régions dites « périphériques ».

Dans le modèle présenté, coûts de collecte et rendements agricoles sont exogènes. Ils sont donc considérés comme indépendants. Pourtant, une amélioration de la productivité de la terre permet une concentration spatiale de la production agricole. Ainsi, cette concentration doit être à l'origine d'une baisse des coûts de collecte unitaires. Le progrès technique observé au niveau des exploitations agricoles doit donc améliorer la compétitivité des industries agro-alimentaires. Cette relation, qui n'est pas considérée dans les simulations présentées, devrait renforcer la compétitivité de la région qui bénéficie du solde migratoire et de l'amélioration de la productivité de la terre.

Il convient par ailleurs de souligner un résultat intermédiaire du modèle. L'amélioration de la productivité de la terre obtenue par une augmentation des coûts fixes affecte la dimension, donc la surface des exploitations. Le niveau d'output par unité de production augmente. En conséquence, avec des rendements élevés, un effectif moindre d'exploitations sera en mesure de satisfaire la demande finale. Ainsi, on assiste à une concentration des facteurs au sein de la branche agricole. Les coûts de déplacement internes aux exploitations constituent un frein à cette concentration. Ici, cette concentration n'affecte pas le niveau global de l'emploi agricole. En considérant une amélioration de la productivité du travail agricole, cette concentration serait associée à une baisse de l'emploi agricole dans l'emploi total.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSEN (J.), 1979 — A theoretical foundation for the gravity equation, *American Economic Review*, 69 (1), pp. 106-116.
- ARMINGTON (P. S.), 1969 — A theory of demand for products distinguished by place of production, *IMF Staff Papers*, mai, vol. XVI, n° 1.
- BERGSTRAND (J.), 1989 — The generalized gravity equation, monopolistic competition, and the factor proportions theory in international trade, *Review of Economics and Statistics*, 71, pp. 143-153.
- BISMUT (C.), OLIVEIRA-MARTINS (J.), 1989 — Compétitivité prix, parts de marché et différenciation des produits, in: LAUSEEL (D.), MONTET (C.), *Commerce international et concurrence imparfaite*, Economica, pp. 83-101.
- BOUSSARD (J.-M.), 1997 — La collecte des grains: un essai de modélisation de l'espace agricole, *Région et Développement*, n° 5, pp. 53-67.
- BROUSSEAU (A.-D.), VOLATIER (J.-L.), 1999 — Le consommateur français en 1998, une typologie des préférences, *Cahiers de Recherche du Crédoc*, n° 130, 170 p.
- BRÜLHART (M.), 1996 — Commerce et spécialisation géographique dans l'Union européenne, *Economie Internationale*, 65, pp. 169-202.
- CALMETTE (M.-F.), LE POTTIER (J.), 1995 — Localisation des activités: un modèle bisectoriel avec coûts de transport, *Revue Economique*, mai, 46 (3), pp. 901-909.
- DANIEL (K.), 2001 — Politique agricole et localisation des activités dans l'Union européenne, une analyse en économie géographique, Thèse de doctorat, Université Paris I, 247 p.
- DANIEL (K.), 2000 — Intégration économique et localisation des productions agricoles: le rôle des politiques de différenciation des produits liées au territoire, *Cahiers de la Maison des Sciences Economiques*, Série Blanche, n° 2000-2002, 23 p.
- DE MELO (J.), GRETHER (J.-M.), 1997 — *Commerce international, théories et applications*, Paris, Bruxelles, De Boeck Université, 844 p.
- DÉMÉTER, 2000 — *Economie et stratégies agricoles*, Armand Colin, 285 p.
- DIXIT (A. K.), STIGLITZ (J. E.), 1977 — Monopolistic competition and optimum product diversity, *American Economic Review*, vol. 67, pp. 297-308.
- DUBY (G.), WALLON (A.), 1977 — *Histoire de la France rurale, Tome 4, depuis 1914*, Paris, Seuil, 758 p.

- DURANTON (G.), 1997 — La nouvelle économie géographique: agglomération et dispersion, *Economie et Prévisions*, 131, pp. 1-24.
- EUROSTAT, 1996 — *Region, Statistical yearbook, Theme 1, General Statistics*. Statistical Office of the European Community, Luxembourg, 244 p.
- EUROSTAT, 2000 — *Structure des exploitations agricoles: résultats historiques de 1966/67 à 1997*, Luxembourg, 140 p.
- FUJITA (M.), KRUGMAN (P.), VENABLES (J. A.), 1999 — *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*, Cambridge, MIT Press, 367 p.
- INSEE, 1993 — *Les agriculteurs, portrait social*, INSEE, collection Contours et caractères, 141 p.
- KELLERMAN (A.), 1989a — Agricultural location theory, 1: Basic models, *Environment and Planning A*, 21 (10), pp. 1381-1396.
- KELLERMAN (A.), 1989b — Agricultural location theory, 2: Relaxation of assumptions and applications, *Environment and Planning A*, 21 (11), pp. 1427-1446.
- KRUGMAN (P.), 1991a — Increasing returns and economic geography, *Journal of Political Economy*, 99, pp. 483-499.
- KRUGMAN (P.), 1991b — *Geography and trade*, Cambridge, MIT Press.
- KRUGMAN (P.), VENABLES (A.), 1995 — Globalization and the inequalities of nations, *Quarterly Journal of Economics*, 110 (4), pp. 857-880.
- LANASPA (L. F.), SANZ (F.), 1999 — Krugman's core periphery model with heterogeneous quality of land, *Urban Studies*, 36 (3), pp. 499-507.
- MARTIN (P. J.), ROGERS (C. A.), 1995 — Industrial location and public infrastructure, *Journal of International Economics*, 39 (3-4), pp. 303-335.
- PUGA (D.), 1999 — The rise and fall of regional inequalities, *European Economic Review*, 43 (2), pp. 303-334.
- PUGA (D.), VENABLES (A.), 1997 — Preferential trading arrangements and industrial location, *Journal of International Economics*, 43, pp. 347-368.
- SAMUELSON (P. A.), 1954 — The transfer problem and transport costs, Second part: an analysis of effects of trade impediments, *Economic Journal*, 64, pp. 264-289.
- VON THÜNEN (J. H.), 1826 — *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landschaft und Nationalökonomie*, Hambourg, (English translation, Von Thünen Isolated State, Oxford, Pergamon Press, 1966).

ANNEXE 1

Le coût de déplacement interne à l'exploitation

L'exploitation est représentée par un disque $D(0, R)$. Le siège d'exploitation est au centre du disque. Toute la surface est cultivée. Les points de début et de fin du travail sont « équiprobables ». On calcule dans un premier temps la distance moyenne à parcourir. Cette distance moyenne est fonction de la surface du disque. Un accroissement de la surface d'une exploitation s'effectue par l'acquisition de terres de plus en plus éloignées du centre du disque. Ainsi, en cas d'agrandissement, l'accroissement de la distance moyenne à parcourir est plus que proportionnelle à l'accroissement du rayon du disque, les « points à cultiver » à la frontière de l'exploitation étant de plus en plus nombreux par rapport à la surface de l'exploitation.

En utilisant les coordonnées polaires telles que r est la distance d'un point quelconque au centre du disque et q , l'angle du rayon qui joint ce point au centre, la distance moyenne à parcourir est :

$$dm = \int_0^{2\pi} \left(\int_0^R \rho^2 d\rho \right) d\theta$$

soit

$$dm = \frac{2\pi}{3} R^3$$

Avec $t_{i1} = \pi R^2$ et δ_{i1} le coût de déplacement par kilomètre sur l'exploitation produisant le bien i dans la région 1, le coût de déplacement interne est :

$$C_{di} = \frac{2}{3} \delta_{i1} t_{i1} \sqrt{\frac{t_{i1}}{\pi}}$$

ANNEXE 2

La surface d'équilibre des exploitations

Le calcul est effectué selon le principe d'égalisation du coût moyen et du coût marginal.

$$CM_{i1} = \frac{\alpha_1}{t_{i1} R_{i1}} + \beta_{i1} + \frac{2}{3} \frac{\delta_{i1}}{R_{i1}} \sqrt{\frac{t_{i1}}{\pi}} + \frac{1}{R_{i1}} \quad (14) \quad \text{et} \quad Cm_{i1} = \beta_{i1} + \frac{\delta_{i1}}{R_{i1}} \frac{\sqrt{t_{i1}}}{\sqrt{\pi}} + \frac{1}{R_{i1}} \quad (15)$$

$$\text{Soit} \quad \frac{\alpha_1}{t_{i1} R_{i1}} + \beta_{i1} + \frac{2}{3} \frac{\delta_{i1}}{R_{i1}} \sqrt{\frac{t_{i1}}{\pi}} + \frac{1}{R_{i1}} = \beta_{i1} + \frac{\delta_{i1}}{R_{i1}} \frac{\sqrt{t_{i1}}}{\sqrt{\pi}} + \frac{1}{R_{i1}}$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{\alpha_1}{t_{i1} R_{i1}} + \frac{2}{3} \frac{\delta_{i1}}{R_{i1}} \sqrt{\frac{t_{i1}}{\pi}} = \frac{\delta_{i1}}{R_{i1}} \frac{\sqrt{t_{i1}}}{\sqrt{\pi}}$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{\alpha_1}{t_{i1}} + \frac{2}{3} \delta_{i1} \sqrt{\frac{t_{i1}}{\pi}} = \delta_{i1} \frac{\sqrt{t_{i1}}}{\sqrt{\pi}}$$

$$\Leftrightarrow \quad \alpha_1 = \frac{1}{3} t_{i1} \delta_{i1} \frac{\sqrt{t_{i1}}}{\sqrt{\pi}}$$

$$\Leftrightarrow \quad \alpha_1 = \frac{1}{3} \delta_{i1} \frac{\sqrt{t_{i1}}^{3/2}}{\sqrt{\pi}}$$

$$\text{Soit} \quad t_{i1}^* = \left(3 \sqrt{\pi} \frac{\alpha_1}{\delta_{i1}} \right)^{2/3} \quad (16)$$

ANNEXE 3

Définition des prix agricoles à la production

Le profit des exploitations est classiquement défini comme le solde de la recette totale et du coût total. Soit ce profit :

$$Profit = p_i q_i^* - CT(q_i^*)$$

Etant défini le coût total présenté par l'équation (3).

Les exploitants maximisent ce profit étant donné les caractéristiques de la demande et plus précisément l'élasticité prix de celle-ci. Cette élasticité est fonction des deux coefficients de substitution retenus. Soit la forme simplifiée de la demande, avec m une constante :

$$d_i = m p_i^{(-\sigma\gamma)}$$

Ainsi, on considère :

$$Profit = p_i m p_i^{(-\sigma\gamma)} - w_a (\alpha + C m_{ii}^* m p_i^{(-\sigma\gamma)}) - v_a \frac{m p_i^{(-\sigma\gamma)}}{R_i}$$

où $C m_{ii}^*$ est le coût marginal en travail d'équilibre (première partie de l'équation 16). $C m_{ii}^*$ n'est pas développé pour la maximisation car il est indépendant de p_i .

La dérivée du profit en fonction du prix est de la forme :

$$\frac{\partial Profit}{\partial p_i} = m p_i^{(-\sigma\gamma)} - (\sigma\gamma) m p_i^{(-\sigma\gamma)} + \frac{\sigma\gamma}{p_i} w_a C m_{ii}^* m p_i^{(-\sigma\gamma)} (\alpha + C m_{ii}^* m p_i^{(-\sigma\gamma)}) - \frac{v_a m p_i^{(-\sigma\gamma)}}{R_i}$$

Cette expression peut être réécrite sous la forme :

$$\frac{\partial Profit}{\partial p_i} = \frac{m}{p_i^{(\sigma\gamma)}} - \frac{m\sigma\gamma}{p_i^{(\sigma\gamma)}} + \frac{w_a m\sigma\gamma C m_{ii}^*}{p_i^{(\sigma\gamma)} p_i} + \frac{v_a m\sigma\gamma}{p_i^{(\sigma\gamma)} p_i r_i}$$

On définit p_i telle que la fonction $\frac{\partial Profit}{\partial p_i} = 0$

Soit à l'équilibre :

$$p_i = \left(\frac{w_a C m_{ii}^* + \frac{v_a}{R_i}}{\sigma\gamma - 1} \right) \frac{\sigma\gamma}{\sigma\gamma - 1}$$

D'où la forme développée présentée en (17) pour la région 1 :

$$p_{i1} = \left[\frac{v_{a1}}{R_{i1}} + w_{a1} \left(\beta_{i1} + \frac{1}{R_{i1}} \left(\frac{3\alpha_1 \delta_{i1}^2}{\pi} \right)^{1/3} \right) \right] \left(\frac{\sigma\gamma}{\sigma\gamma - 1} \right) \quad (17)$$

Ce prix est symétrique dans la région 2.

ANNEXE 4

Développement des surfaces régionales cultivées

$$\begin{cases} T_{i1} = \frac{D_{i1,1} + D_{i1,2}}{R_{i1}} \\ T_{i2} = \frac{D_{i2,2} + D_{i2,1}}{R_{i2}} \end{cases}$$

Etant donné les fonctions de demande :

$$\begin{aligned} D_{i1,1} &= \frac{Y_1 \tau_{i1} \tau_{i2} \Theta (1 - \mu)}{p_{i2} \tau_{i1} \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma + p_{i1} \tau_{i2} \Theta} & D_{i2,1} &= \frac{Y_1 \tau_{i1} \tau_{i2} \Theta (1 - \mu)}{p_{i1} \tau_{i2} \Theta \left(\frac{p_{i2} \tau_{i1}}{p_{i1} \tau_{i2} \Theta} \right)^\gamma + p_{i2} \tau_{i1}} \\ D_{i2,2} &= \frac{Y_2 \tau_{i1} \tau_{i2} \Theta (1 - \mu)}{p_{i1} \tau_{i2} \left(\frac{p_{i2} \tau_{i1} \Theta}{p_{i1} \tau_{i2}} \right)^\gamma + p_{i2} \tau_{i1} \Theta} & D_{i1,2} &= \frac{Y_2 \tau_{i1} \tau_{i2} \Theta (1 - \mu)}{p_{i2} \tau_{i1} \Theta \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2}}{p_{i2} \tau_{i1} \Theta} \right)^\gamma + p_{i1} \tau_{i2}} \end{aligned}$$

Le prix des produits agricoles à la production étant défini dans chaque zone :

$$\begin{aligned} p_{i1} &= \left[\frac{v_{a1}}{R_{i1}} + w_{a1} \left(\beta_{i1} + \frac{1}{R_{i1}} \left(\frac{3\alpha_1 \delta_{i1}^2}{\pi} \right)^{1/3} \right) \right] \left(\frac{\sigma\gamma}{\sigma\gamma - 1} \right) \\ p_{i2} &= \left[\frac{v_{a2}}{R_{i2}} + w_{a2} \left(\beta_{i2} + \frac{1}{R_{i2}} \left(\frac{3\alpha_2 \delta_{i2}^2}{\pi} \right)^{1/3} \right) \right] \left(\frac{\sigma\gamma}{\sigma\gamma - 1} \right) \end{aligned} \quad (17)$$

La répartition des revenus régionaux étant donnée par :

$$\bar{Y} = Y_1 + Y_2 \quad \text{avec} \quad Y_1 = w_{s1} \bar{L}_1 \quad \text{et} \quad Y_2 = w_{s2} \bar{L}_2$$

Avec w_{s2} , le numéraire de l'économie et $w_{s1} = (\bar{Y} - \bar{L}_2) + \bar{L}_1$

ANNEXE 5

Evolution de la demande en fonction des prix

Soit pour la demande locale :

$$\frac{\partial D_{i1,1}}{\partial p_{i1}} = - \frac{(\bar{Y} - \bar{L}_2) \tau_{i1} \tau_{i2} \Theta (1 - \mu) \left(\gamma p_{i2} \tau_{i1} \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma + p_{i1} \tau_{i2} \Theta \right)}{\left(p_{i2} \tau_{i1} \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma + p_{i1} \tau_{i2} \Theta \right)^2 p_{i1}}$$

Pour la demande d'exportation, on a :

$$\frac{\partial D_{i1,2}}{\partial p_{i1}} = - \frac{\bar{L}_2 \tau_{i1} \tau_{i2} \Theta (1 - \mu) \left(\gamma p_{i2} \tau_{i1} \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma + p_{i1} \tau_{i2} \Theta \right)}{\left(p_{i2} \tau_{i1} \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma + p_{i1} \tau_{i2} \Theta \right)^2 p_{i1}}$$

Ainsi, on a $\frac{\partial D_{i1,1}}{\partial p_{i1}} < 0$ et $\frac{\partial D_{i1,2}}{\partial p_{i1}} < 0$. La demande adressée aux producteurs de la région 1 est donc une fonction décroissante des prix observés à la production dans cette région.

Pour analyser l'évolution de la demande adressée à la région 1 lorsque les prix observés à la production dans la région 2 augmentent, on définit le signe des dérivées partielles des fonctions de demande adressées à la région 1 par rapport aux prix à la production dans la région 2, ainsi :

$$\frac{\partial D_{i1,1}}{\partial p_{i2}} = \frac{(\bar{Y} - \bar{L}_2) \tau_{i1}^2 \tau_{i2} \Theta (1 - \mu) \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma (\gamma - 1)}{\left(p_{i2} \tau_{i1} \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma + p_{i1} \tau_{i2} \Theta \right)^2}$$

et

$$\frac{\partial D_{i1,2}}{\partial p_{i2}} = \frac{\bar{L}_2 \tau_{i1}^2 \tau_{i2} \Theta (1 - \mu) \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma (\gamma - 1)}{\left(p_{i2} \tau_{i1} \left(\frac{p_{i1} \tau_{i2} \Theta}{p_{i2} \tau_{i1}} \right)^\gamma + p_{i1} \tau_{i2} \Theta \right)^2}$$

Soit $\frac{\partial D_{i1,1}}{\partial p_{i2}} > 0$ et $\frac{\partial D_{i1,2}}{\partial p_{i2}} > 0$. La demande adressée aux producteurs de la région 1 est une fonction croissante des prix à la production observés dans la région concurrente.

ANNEXE 6

Valeur des paramètres pour les simulations numériques

Graphique 1

$$\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 1, \beta_{i1} = 0.17, \beta_{i2} = 0.17, R_{i1} = 50, R_{i2} = 50, \delta_{i1} = 1, \delta_{i2} = 1, \tau_{i1} = 0.8, \tau_{i2} = 0.8, \Theta = 0.7, \mu = 0.5, \sigma = 4, \gamma = 4, \bar{Y} = 1$$

Graphique 2

Courbe Z

$$\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 1, \beta_{i1} = 0.17, \beta_{i2} = 0.17, R_{i1} = 50, R_{i2} = 50, \delta_{i1} = 1, \delta_{i2} = 1, \tau_{i1} = 0.8, \tau_{i2} = 0.8, \Theta = 0.7, \mu = 0.5, \sigma = 4, \gamma = 4, \bar{Y} = 1$$

Courbe Z'

$$\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 1, \beta_{i1} = 0.17, \beta_{i2} = 0.17, R_{i1} = 50, R_{i2} = 50, \delta_{i1} = 1, \delta_{i2} = 1, \tau_{i1} = 0.8, \tau_{i2} = 0.8, \Theta = 0.7, \mu = 0.5, \sigma = 4, \gamma = 4, \bar{Y} = 1.1$$