# LA COLLECTE DES GRAINS :
# UN ESSAI DE MODÉLISATION DE L'ESPACE AGRICOLE

**Jean-Marc BOUSSARD***

***Résumé*** *- En agriculture, la prise en compte du fait que la production se fait avec de l'espace conduit à penser que la fonction de production est à rendements fortement décroissants tant que les producteurs sont immobiles. Ceci s'applique aussi à la collecte des produits sur un territoire, et conduit, en statique, à considérer que le monopole est l'organisation naturelle des marchés. Ces conclusions sont remises en cause par une approche dynamique de la question. Celle-ci amène d'abord à considérer des pas de temps différents pour le producteur agricole et le commerçant. La logique du modèle qui en découle implique alors une dynamique non linéaire chaotique pour les marchés, et une organisation compliquée de l'espace, avec des aires de collectes qui ont toutes les raisons de se recouvrir.*

***Mots-clés*** - DYNAMIQUE, CHAOS, COLLECTE, COMMERCE, AFRIQUE, RISQUES, STOCKS

Je dois rendre hommage à l'aide de Fadela Merdaoui, du CIRAD, qui m'a fait bénéficier de sa connaissance des marchés céréaliers du Burkina Faso, et m'a aidé à corriger une première version de ce manuscrit. Cependant, selon l'usage, j'en revendique l'entière responsabilité.

* Directeur de Recherches à l'INRA-ENGREF, 19 Avenue du Maine, 75732 Paris Cedex 15.

Depuis l'origine de la science économique, la modélisation de l'espace géographique a toujours hésité entre une approche discrète, héritée de Ricardo, pour qui "l'Angleterre" et "le Portugal" ne sont que deux points sans dimension, (et même privés de distance entre eux), et une approche "continue", où l'on se préoccupe de déterminer des densités d'occupation, de production ou de consommation, dont l'archétype est sans doute le modèle de Von Thünen.

Bien sûr, cette seconde approche est plus riche, et plus conforme aux préoccupations des géographes et des aménageurs. Elle est aussi beaucoup plus compliquée. Pour tout consommateur, il y a un avantage à se trouver au centre de "l'État isolé", parce que c'est là qu'on peut tout se procurer en minimisant le coût de recherche de la marchandise. En même temps, que ce soit comme producteur ou comme consommateur, tout le monde a besoin d'espace. De ce fait, personne ne peut être "au centre". La structuration de l'espace résulte alors de l'arbitrage de chaque sujet économique entre l'utilité d'être proche du centre, et celle d'avoir plus d'espace à sa disposition.

Il est sûrement possible de développer sur de telles bases un modèle d'équilibre général géographique. Mais il s'agit là d'une œuvre de longue haleine, qui exigera de nombreux essais et erreurs. Dès lors en effet que l'on essaie de creuser l'idée ci-dessus, on se heurte à la difficulté de modéliser la multiplicité des centres, les économies d'échelle dans les transports, la diversité des activités, etc. Pour cette raison, un tel modèle reste encore à faire, d'autant plus qu'il exigerait normalement une dimension chronologique, la dynamique étant évidemment importante dans le déterminisme des localisations géographiques.

Sans aborder le problème dans toute sa généralité, on va ici tenter d'explorer une partie des idées ci-dessus, à propos de la production et de la collecte des céréales sur les marchés africains. Dans ce cas, en effet, les centres de collecte sont loin les uns des autres, ce qui rend moins absurde l'idée du centre unique. Par ailleurs, la surface collectée par les ramasseurs est un déterminant essentiel de l'offre à un moment donné sur le marché central. On va voir tous les problèmes engendrés, du point de vue du modélisateur, par cette observation de bon sens. Auparavant, et afin de mieux comprendre la nature du problème, on introduira la "parabole de l'exploitation circulaire" qui constitue un ingrédient essentiel à toute modélisation de ce type.

## 1. LA PARABOLE DE L'EXPLOITATION CIRCULAIRE

Considérons une exploitation agricole circulaire, dans la plaine homogène de Von Thünen. On récolte la production sur un disque, centré sur la demeure de l'exploitant. On pratique la même culture, le "blé", avec les mêmes moyens, sur toute la surface. Tous les matins, l'exploitant commence son travail en un point aléatoire du disque, effectue une certaine opération culturale sur une partie de la surface, et rentre chez lui le soir, à partir de l'endroit où il a fini son travail, endroit lui aussi aléatoire.

Le coût de production total $C_T$ de l'exploitation est la somme de deux composantes : une composante, $C_v$, strictement proportionnelle à la surface, et donc à la quantité récoltée ; une autre, T, qui représente le temps perdu par l'exploitant à aller le matin de la maison au point où débute le travail, et le soir, du point de fin de travail à la maison. On écrira donc :

(1) $$C_T = C_v + T$$

avec : $$C_v = c\,Q = y\,c\,S^2 = 2\,\pi\,y\,c\,R^2$$

où : S est la surface de l'exploitation de rayon R,
Q la quantité produite,
y le rendement par hectare,
c le coût de production "fixe" à l'hectare.

Le terme T, de son côté, se calcule aisément du fait de l'hypothèse selon laquelle les points de début et de fin de travail sont aléatoires, et tous les points du disque équiprobables. En utilisant les coordonnées polaires, avec $\rho$, distance d'un point quelconque au centre du disque, et $\alpha$, angle du rayon qui joint ce point au centre, k étant le coût de transport par kilomètre, on a :

2) $$T = \int_{\alpha=0}^{2\pi} \int_{\rho=0}^{R} k\rho^2 \, d\rho \, d\alpha$$

soit $T = 2/3\ k\ \pi\ R^3$. Compte tenu de la relation : $Q = 2\ \pi\ y\ R^2$, on a donc :

$$C_T = c\,Q + \frac{kQ^{3/2}}{3y^{3/2}\sqrt{2\pi}}$$

et donc un coût marginal :

(3) $$C_m = c + \frac{k}{2y^{3/2}\sqrt{2\pi}} Q^{1/2}$$

ainsi qu'un coût moyen :

(4) $$C_y = c + \frac{kQ^{1/2}}{3y^{3/2}\sqrt{2\pi}} + \frac{F}{Q}$$

si F représente les coûts fixes de l'exploitation.

Il s'agit là d'un coût fortement croissant. A lui seul, il explique pourquoi il existe peu d'économies d'échelle en agriculture. Dès lors qu'une exploitation devient un peu grande, il est vite plus avantageux d'aller en créer une seconde un peu plus loin que de continuer à faire croître l'exploitation d'origine (Boussard, 1988).

La forme de ce coût, par ailleurs, explique la tendance à l'intensification de l'agriculture moderne. Il diminue plus vite que le rendement n'augmente, ce qui est évidemment une incitation aux rendements élevés, toutes choses égales d'ailleurs.

Remarquons, aussi, que ce raisonnement ne s'applique pas qu'aux exploitations agricoles. On pourrait en dire autant d'un restaurant. Il existe sûrement des économies d'échelle dans un restaurant, en particulier au niveau de l'utilisation de la cuisine, et sans doute de la caisse, qui sont des investissements indivisibles. Mais si un restaurant devient trop grand, les serveurs perdent beaucoup de temps à se déplacer des tables à la cuisine et à la caisse. Il devient vite nécessaire d'installer une seconde cuisine et une seconde caisse – bref, d'ouvrir un second restaurant à côté du premier. Cela explique pourquoi il existe peu d'économies d'échelle dans les restaurants, et donc peu de restaurants de très grandes dimensions. La seule façon de tourner l'obstacle est d'instaurer le système du libre service, dans lequel ce sont les clients qui se déplacent et non les serveurs. On pourrait faire un raisonnement analogue à propos du ramassage des ordures ménagères, et de nombreuses autres activités.

A nouveau, cette remarque permet de rebondir sur une considération qui va nous éloigner encore plus de l'agriculture, et nous faire tourner vers le problème bien classique des "grandes surfaces". N'importe quel commerce est confronté au même problème que celui de l'agriculteur dans son exploitation circulaire. Il faut de toute façon établir un lien avec un client qui n'habite pas à l'endroit même où se trouve le commerce. Cela prend du temps, un temps que l'on peut appeler le "temps de trajet", et c'est un coût qui s'ajoute au coût de la transaction commerciale proprement dite. C'est pourquoi les commerces de détail sont souvent de dimension modeste, et n'intéressent qu'une clientèle "locale", la fréquence des déplacements nécessaires rendant les temps de trajet prohibitifs pour les clients éloignés. Cependant, il se peut que les économies d'échelle liées aux "grandes surfaces" permettent d'abaisser les coûts à un niveau assez bas pour que même en prospectant une très vaste surface, le coût moyen des supermarchés reste inférieur à celui de la "petite distribution". Il est important de noter ici que la nature de l'agent qui supporte les coûts n'est pas ici indifférente pour le résultat du calcul. Les temps de trajet sont en général, dans le commerce de détail, supportés par les clients et n'apparaissent pas dans les comptes nationaux. De plus, ces coûts sont évalués par les clients au coût d'opportunité des loisirs, c'est-à-dire à un niveau faible, en particulier du fait de l'absence de fiscalité en la matière. En revanche, les déséconomies d'échelle de la petite distribution sont supportées par le commerçant lui-même, et se traduisent par des prix plus élevés ou une sous-rémunération des facteurs fixes. L'inefficacité apparente de la "petite distribution" apparaît ici sous une forme probablement illusoire, en tout cas exagérée.

Revenons à l'agriculture, pour observer que la formule (1) nous donne une taille optimale pour l'exploitation agricole. Si on cherche l'égalité du coût marginal au prix p du produit, on trouve que la quantité optimale de production $Q^*$ est donnée par :

$$Q^* = 8\ \pi\ y^3\ (p - c)^2 / k^2 \tag{5}$$

Si, de plus, on cherche le minimum du coût moyen, en supposant l'exploitation soumise à un régime de concurrence, on obtient :

$$Q^* = \left( \frac{6F\sqrt{2\pi}}{k} \right)^{3/2} y^{13/6} \tag{6}$$

Dans les deux cas, la dimension optimale de l'exploitation croît plus que proportionnellement aux rendements, et aussi, plus que proportionnellement aux coûts fixes, dans le cas d'un système concurrentiel. Ces formules sont assez en accord avec la réalité observée. Par exemple, en France, depuis les années cinquante, les rendements ont été multipliés par 5 à 10, mais la quantité produite par exploitation a été multipliée par un facteur bien plus important. Cependant, il y a bien d'autres facteurs qui expliquent la taille des exploitations agricoles, et nous n'entrerons pas plus avant dans cette discussion, qui était surtout destinée à montrer l'intérêt de l'approche, et à souligner l'importance que peut prendre un coût marginal du type de celui qui est décrit par la formule (1).

Nous allons maintenant essayer d'appliquer le même type d'idée à un problème légèrement différent, qui est celui de la collecte de la récolte dans un espace plus ou moins homogène. Nous n'adoptons plus maintenant le point de vue du producteur agricole, mais plutôt celui du commerçant agro-alimentaire : par exemple, le collecteur de lait, ou le collecteur de céréales dans un pays d'Afrique.

## 2. LE PROBLÈME DU COLLECTEUR DE RÉCOLTES EN STATIQUE

Le collecteur de récolte revend sur un marché central au prix $P_m$ la marchandise qu'il est allé collecter, et qu'il a acheté aux paysans au prix local $P_l$. Il a un coût de transport k par kilomètre parcouru. Pour se procurer son grain, il prospecte dans un rayon R autour du marché central. Dans ce domaine, la densité de production est y tonnes par hectare. Le collecteur a par ailleurs des coûts fixes F. Tout ceci lui donne un bénéfice B :

(7) $$B = \pi \; R^2 \, y \, (P_m - P_l) - 2/3 \, k \; \pi \; R^3 - F$$

Il existe de nombreuses manières de considérer cette expression, selon ce que l'on considère comme fixe ou variable. Par exemple, si le rendement y et les prix sont donnés, le bénéfice est maximisé pour la valeur optimale $R^*$ de R :

(8) $$R^* = 2 \, y \, ( P_m - P_l ) / k$$

Mais ceci ne reflète pas la réalité. Le commerçant, dans une certaine mesure, exerce un pouvoir de monopole, et choisit le prix $P_l$ au mieux de ses intérêts, tout en étant conscient d'une courbe d'offre de la part des agriculteurs. Si l'on admet, en première approximation, une courbe d'offre linéaire, $y = b \, P_l$, on obtient pour la maximisation de B une solution très simple :

(9) $$P_l^* = {}^1\!/_2 \, P_m,$$

et :

(10) $$R^* = b \, P_m^2 / 2 \, k$$

On obtient une solution du même genre, à ceci près que le coefficient de proportionnalité de $P_l$ à $P_m$ n'est plus ${}^1\!/_2$ avec une courbe d'offre à élasticité constante, $y = b \; P_l^a$ . Alors :

(11) $$P_l^* = \frac{aP_m}{1+a} \quad \text{et} \quad R^* = \frac{2b\left(\frac{aP_m}{1+a}\right)^a}{(1+a)k} P_m \; .$$

Il est remarquable que la densité de production, ici, ne joue aucun rôle. Cela tient au fait que ce paramètre ne sert à déterminer que l'offre globale du commerçant, et que celle-ci n'a d'importance que dans deux circonstances :

- soit pour la détermination de $P_m$, par l'intermédiaire de l'effet "quantité offerte", si le commerçant a un monopole sur le marché central ;

- soit pour celle de la capacité du commerçant à éponger ses coûts fixes, s'il est en régime de concurrence.

Dans ce dernier cas, le prix $P_m$ sur le marché central est imposé au commerçant, mais la pression de la concurrence devrait le fixer au minimum du coût moyen, en tout cas pour celui des commerçants qui a les coûts fixes les plus élevés. Le calcul, quoique réalisable, ne donne pas une expression simple de $P_m$, et ses résultats ne seront pas donnés ici.

Il est plus intéressant de poursuivre les calculs précédents lorsque, le prix central $P_m$ étant fixé de façon exogène, on permet au commerçant de moduler son prix en fonction de la distance au centre. C'est du reste là une conséquence logique du monopsone du commerçant. Alors, toujours avec l'hypothèse d'une courbe d'offre locale à élasticité constante a, telle que celle qui conduit à l'équation (11), on montre que le bénéfice du commerçant est donné par :

$$B = 2\pi \left[ P_m \int_\rho \rho b\, P_l^a(\rho) d\rho - \int_\rho k\rho^2\, d\rho - \int_\rho bP_l^{a+1}(\rho)\rho\, d\rho \right] \tag{12}$$

et donc :

$$\frac{dB}{d\rho} = \left[\rho b\, Pm\, P_l^a(\rho) - \rho b\, P_l^{a+1}(\rho) - k\rho^2\right]$$

On aura donc le bénéfice maximum si $P_l(\rho)$ est tel que :

$$b\ Pm\, P_{(\rho)}^a - b\, P_{(\rho)}^{a+1} = K\rho \tag{13}$$

Cette équation ne se prête pas à une expression simple de $P_l$ en fonction de $\rho$, mais on peut voir que la fonction $P_l(\rho)$ n'est pas forcément décroissante de façon monotone, comme on pourrait le croire. Si l'on dérive l'équation précédente par rapport à $\rho$, il vient :

$$(14) \qquad P_l' \, b \, P_l^{a-1}\left[a \, P_m - (a+1)P_l\right] = k$$

qui montre que $P_l' = dP_l / d\rho$ est du signe de $Pm - \left(\frac{a+1}{a}\right)P_l$ .

Si $P_l$ est voisin de $P_m$ , comme cela se passe dans les pays développés, et si a est petit, alors $P_l'$ est visiblement négatif, et le prix d'achat des commerçants diminue quand on s'éloigne de "la ville". Mais ce n'est pas forcément le cas. Si l'élasticité a est relativement grande, et si le coût de transport est grand, alors P est bien plus petit que $P_m$, et il se peut que le prix soit croissant quand on s'éloigne du centre.

La détermination de l'aire de collecte d'un commerçant, telle que nous l'avons esquissée plus haut, est très simplifiée par le fait que nous n'avons envisagé qu'un seul centre. Il devient très vite très compliqué quand il y en a plusieurs. Dans ce cas, en effet, la forme géométrique prise par la répartition des "centres" sur la surface homogène devient un aspect important de la question, en particulier si l'on recherche les conditions dans lesquelles il peut y avoir recouvrement des aires de ramassages.

En principe, le recouvrement est une source d'inefficacité. Il allonge les temps de trajet, sans augmenter la quantité récoltée. Cela se voit très bien lorsque les aires de collecte ont des formes triangulaires ou carrées. Il n'en est pas de même si elles sont circulaires. En ce cas, par exemple avec trois cercles identiques situés aux trois sommets d'un triangle équilatéral, le recouvrement des cercles est nécessaire pour "exploiter" le triangle curviligne qui se trouve au voisinage du centre de gravité du triangle. Cependant, même dans cette hypothèse, le recouvrement n'est que partiel, et de faible ampleur, parce que l'intérêt d'un accroissement du rayon des cercles disparaît dès lors que celui-ci atteint une taille suffisante pour englober le centre de gravité du triangle des centres.

Pourtant, le recouvrement des aires des collectes est une réalité observable. Si les exploitations agricoles, habituellement, ne se recouvrent pas, les organismes collecteurs de produits agricoles, qu'il s'agisse de commerçants privés ou de coopératives, ont coutume de se faire un minimum de concurrence sur la même zone. De même, dans le cas des supermarchés en zone périurbaine, on observe le plus souvent la coexistence de plusieurs grandes surfaces au voisinage l'une de l'autre. Comment cela est-il possible ? Il existe à cela de nombreuses explications, toutes plus ou moins plausibles.

Il y a d'abord la parabole des glaciers de plage. S'il y a deux marchands de glaces sur une plage (vue comme un segment de droite), il semblerait naturel qu'ils s'installent chacun au milieu d'une moitié de la plage (du segment). Ainsi, la distance des baigneurs au marchand de glaces serait-elle minimisée. Cependant, dans cette hypothèse, se déplacer d'une petite quantité vers le centre permet à chacun d'eux d'espérer augmenter sa clientèle au détriment d'une partie de celle de l'autre, et cela sans jamais risquer de perdre sa clientèle "captive". Ainsi, les deux marchands sont-ils bientôt contraints de se retrouver tous deux au centre de la plage. Cette histoire est peu réaliste, car il est bien clair que les deux marchands ont intérêt à s'entendre pour se partager le marché.

Plus sérieux sont probablement les arguments qui tiennent au fait que la localisation d'un centre de collecte à proximité d'un noeud géographique est une nécessité pratique, liée à des économies externes : présence de gare de chemin de fer, ou facilité analogue. Dans ce cas, la concentration de plusieurs collecteurs au même endroit (au voisinage de la gare) est effectivement nécessaire. Cependant, cela n'est pas encore une explication satisfaisante du recouvrement des aires, car les commerçants pourraient s'entendre pour exploiter chacun un secteur du disque autour du centre. Les équations, dans ce cas, ne sont pas changées par rapport à ce qui précède, à cela près que les coûts totaux de transport sont divisés par n s'il y a n secteurs.

De fait, c'est bien ce que l'on observe en général. Il est rare que des laiteries localisées dans la même ville aient des aires de collecte complètement superposées. Le cas le plus fréquent est celui d'aires qui se superposent seulement "sur les bords".

En revanche, ce qui est fréquent, c'est le recouvrement des aires de collecte de deux centres urbains plus ou moins éloignés. Pour expliquer cela, il faut sortir d'une approche statique, et envisager le problème en dynamique.

## 3. ESQUISSE D'UN MODÈLE DYNAMIQUE

Les considérations précédentes portent sur une analyse statique du problème. Qu'en est-il en dynamique ? En réalité, les équilibres ne se font pas de façon instantanée, tel que décrit ci-dessus. Il y a d'abord deux échelles de temps. Celle du commerçant, qui s'évalue en jours, car il ne conserve pas la marchandise plus d'une semaine ou deux, et celle de l'agriculteur, tenu par le cycle de production annuel. Ensuite, il y a le fait que le commerçant, quand il achète, ne sait pas exactement à quel prix il revendra, ni quelle densité de production il va trouver lors de ses prospections.

Le problème ne sera pas traité ici dans sa généralité, mais sur un ensemble de "faits stylisés", inspirés de l'observation des commerçants collecteurs africains, par exemple ceux qui approvisionnent en céréales locales les villes du Burkina Faso. Dans ce cas, on peut tenter de représenter la situation par le scénario suivant :

- Chaque "jour", le commerçant prévoit un prix $\hat{P}_m$ sur le marché central, et une densité de production $\hat{y}$ sur les zones qu'il prospecte. Il va en déduire par (9) et (10) un prix $P_l$ à offrir aux agriculteurs, et une distance R, définissant la surface à prospecter.

- Il exécute ce programme, trouve que la densité réelle est y, et donc que son offre réelle est donnée par $Q = \pi\ y R^2$.

- Il en résulte un prix réel $P_m$ déterminé par la réaction du marché central à cette offre. En supposant une demande à élasticité constante, dur genre $P_m = \alpha Q^{\beta}$, il est facile de calculer le prix résultant de l'offre Q.

- Le commerçant révise alors ses anticipations. Il prend $\hat{P}_m = P_m$ et $\hat{y}$, et on recommence le cycle. Il y a une centaine de cycles dans une "année".

- L'agriculteur, de son côté, à la distance d du centre, décide de sa production sur la base d'un prix espéré $\hat{P}_l$ en début d'année. Il ne peut la réviser ensuite. Il vend au prix $P_l$ qu'on lui offre s'il est collecté. L'année suivante, il anticipe un nouveau prix $\hat{P}_l$ qui est l'espérance des prix observés à cette distance du centre au cours de l'année écoulée. Cela lui donne une densité de production qui sera utilisée pour l'année d'après.

Dans ses décisions quotidiennes, l'agriculteur est confronté au problème de savoir s'il vend son stock, ou s'il le garde pour le vendre plus cher plus tard. C'est une décision en situation d'incertitude. S'il vend maintenant la quantité q, il aura une recette $p_i q$ avec certitude, s'il accepte le prix instantané $p_i$ proposé par le commerçant à la semaine i de l'année t. Mais il peut espérer avoir le prix $p_f$ futur anticipé plus élevé. En effet, au cours de la saison, le prix a toujours tendance à monter, parce que les collecteurs doivent aller de plus en plus loin. L'agriculteur qui a la chance d'être collecté en fin de saison fait donc une très bonne affaire. Mais il n'est pas sûr de l'être. Sa probabilité d'être récolté dépend du scénario de l'année passée : la fréquence de passage des commerçants à la distance d du centre à la date i est connue. On peut donc en déduire la probabilité $\pi$ (i, d) d'être collecté dans ces conditions.

Or, si son stock n'est pas épuisé en fin d'année, il ne vaudra plus rien l'an prochain. Il est raisonnable de supposer dans ces conditions que l'agriculteur maximise son espérance d'utilité de recette soit :

$$E(U) = U[P_i q] + U[P_f(s - q)] \int_{\theta-1}^{T} \pi(\theta, d)\, d\theta$$

où T représente la fin de l'année.

Cette règle de décision conduit à ce que les quantités déstockées le soient progressivement, de façon plus régulière vers le centre, et sans doute plus chaotique vers la périphérie.

Le modèle esquissé ci-dessus a été essayé, avec des paramètres de l'ordre de grandeur de ceux que l'on peut observer au Burkina Faso. La figure 1 illustre le type de résultats obtenus. Dans ce cas, les prix restent stables (avec de petites variations), pendant de longues périodes. Puis soudain, au voisinage de la "soudure", ils deviennent très fluctuants. Leur moyenne augmente de façon significative, mais ce qui est le plus remarquable, c'est leur dispersion, qui s'accroît d'une semaine à l'autre de façon presque incroyable.

La figure 1 représente l'évolution des prix au cours d'une période de l'ordre de trois ans, vers l'année 10 d'un ensemble de 50 années. Toutes les années ne sont pas semblables : dans une même série de 50 ans, il existe des années très stables, d'autres beaucoup plus variables, certaines avec des prix élevés, d'autres avec des prix plus faibles. Il y a de nombreux cycles dans les résultats du processus. En fait, il y en a une infinité, ce qui est justement l'une des définitions du chaos : une série périodique, avec un nombre infini de périodes. La figure 2, qui représente le résultat de la "transformation rapide de Fourier" de la série de la figure 1 sur une durée proche de 50 ans illustre ce phénomène[1] : certes, il existe une forte intensité des "hautes fréquences" (période de l'ordre de 2 à 3 "semaines"), mais on voit que le spectre n'est jamais nul même pour des périodes proches de 25 ans (soit 1250

[1] La transformée de Fourier est donc donnée sur 25 ans. En fait, un peu moins, puisque la méthode n'est facile à mettre en œuvre que sur une période de temps qui soit une puissance de 2, entière de l'intervalle élémentaire.

"semaines").

***Figure 1 : Évolution des prix et des distances de collectes dans le temps***

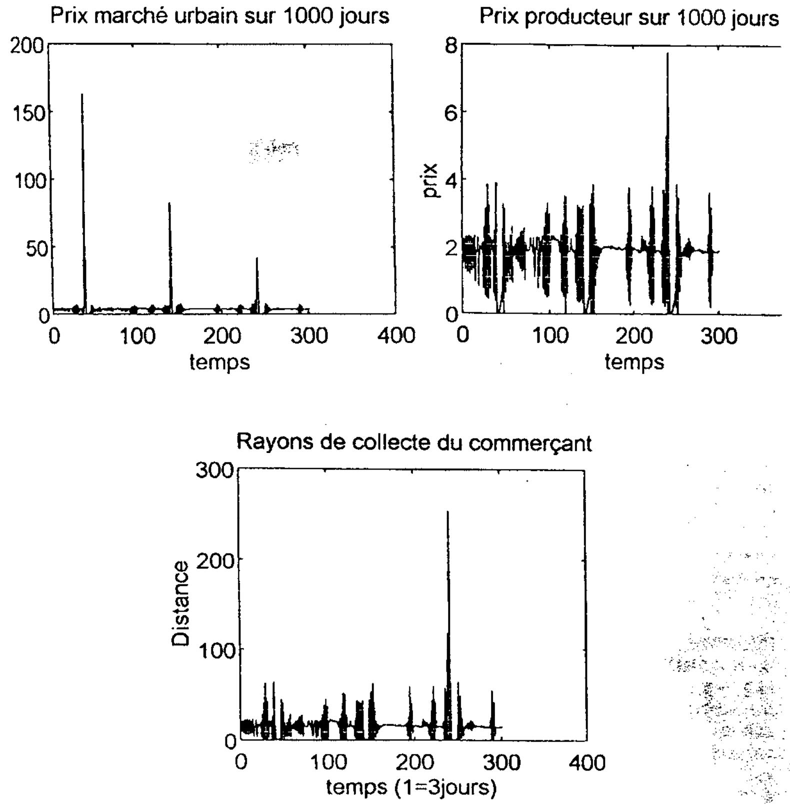
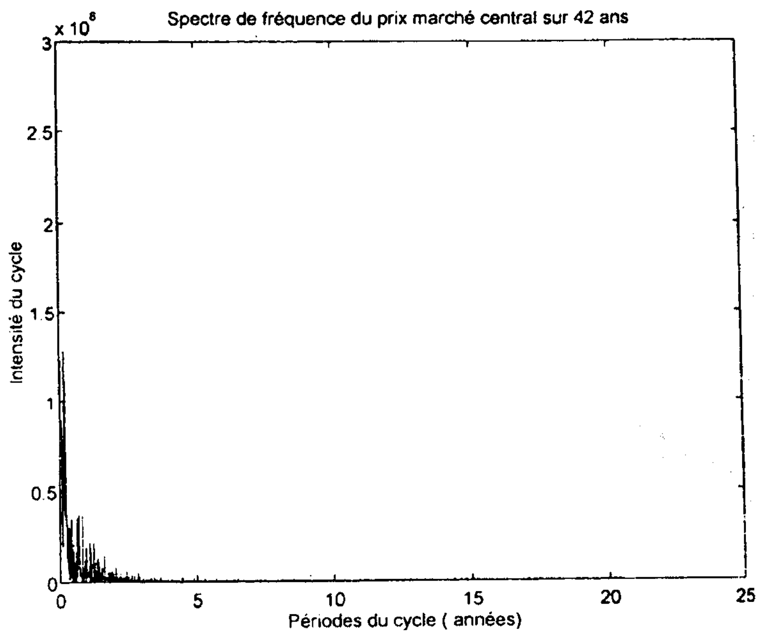
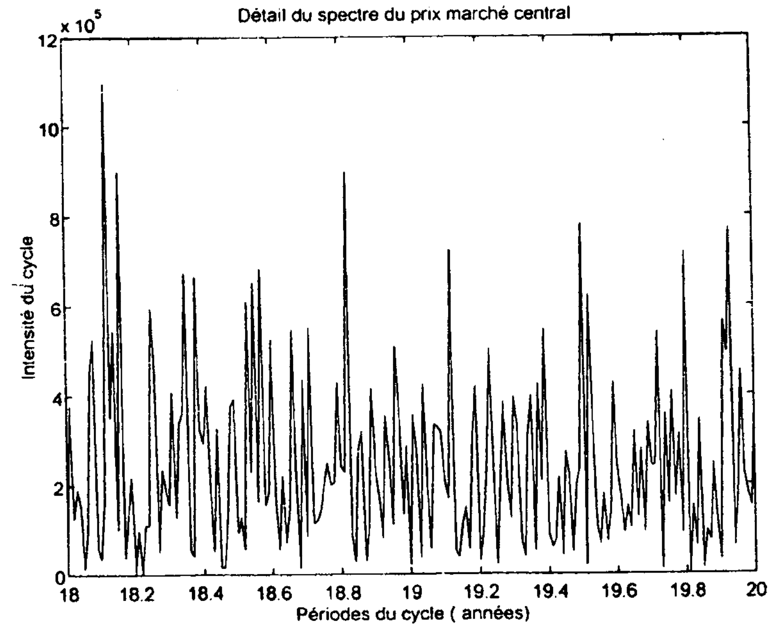



***Figure 2 : Analyse spectrale des résultats de la figure 1***




Ce comportement du modèle est en accord avec ce que l'on peut observer en réalité. Il est seulement piquant de constater que les explications qui sont habituellement proposées de ces faits observés ne reposent pas en général sur les considérations précédentes : on invoque la météorologie, à la fois pour expliquer les fluctuations de la collecte ("la sécheresse a tout détruit") et celle de la distance de recherche pour les commerçants ("les pluies rendent les routes impraticables"). On s'étonne des forts taux d'intérêt observés sur les marchés traditionnels en Afrique pour expliquer la hausse des prix au moment de la soudure. Tous ces phénomènes jouent peut-être. Mais la simple gestion de la distance de collecte par des agents rationnels, en concurrence, suffit, finalement, à expliquer ces phénomènes perturbants.

Aussi bien, de tels résultats ne s'observent que pour des valeurs assez particulières des paramètres. De ce point de vue, l'élasticité de la demande urbaine par rapport au prix joue un rôle majeur. Avec une forte élasticité de la demande urbaine par rapport au prix, le phénomène précédent ne s'observe pas, et le marché "converge" vers un équilibre stable. On obtient alors un schéma d'occupation de l'espace "en auréoles", du type de ceux qui ont été décrits par Von Thünen et ses continuateurs. Mais il existe aussi un grand nombre de situations, spécialement quand la demande est rigide, où l'instabilité prend la forme d'oscillations chaotiques de toutes les variables du modèle. En ce cas, rien n'est sûr, et surtout pas les distances de collecte. Ceci conduit à un nouveau regard sur le problème du recouvrement des aires de collecte des différents centres.

En effet, si la distance de collecte optimale est inconnue du commerçant lui-même, elle l'est aussi de ses concurrents. Il existe donc dans la corporation une incertitude sur la dimension du "territoire" de chacun, et il n'est pas surprenant de voir les aires de prospection se recouvrir, même si c'est un résultat *a priori* surprenant dans un environnement certain. Il est clair, au vu des résultats précédents, qu'à certaines périodes, il est avantageux pour certains collecteurs d'étendre leur rayon de collecte jusqu'à empiéter sur ceux d'autres centres. De même, il est avantageux, pour les producteurs collectés, de vendre à des collecteurs de différents centres. Et ces différents centres peuvent ainsi rester indéfiniment, ou du moins très longtemps, dans un équilibre dynamique chaotique qui, d'un certain point de vue, est absurde. Des ressources sont dépensées en coûts de transport inutiles, et surtout, le risque des producteurs aboutit à restreindre la production par rapport à ce qui serait souhaitable, cependant que les taux d'intérêt gonflent d'une façon incroyable du seul fait de la hausse des prix des denrées de base.

Bien entendu, la suite logique de ce travail serait d'étudier ce qui se passe, avec un modèle analogue, quand on a plusieurs centres. La chose n'est pas conceptuellement très difficile, et requiert surtout de la patience et un ordinateur puissant. Bien sûr, l'agriculteur du point de coordonnées ij choisit toujours de vendre au collecteur le plus offrant. La difficulté la plus sérieuse résulte des possibilités d'arbitrage entre les différents centres. Si l'arbitrage est instantané, alors les prix sur les marchés centraux sont les mêmes. Mais ceci ne correspond pas à la réalité. On sait bien que les prix d'une même denrée ne sont pas les mêmes sur les différentes places. Ceci vient de ce que les arbitrages ne sont pas instantanés, et que l'on ne déplace réellement la marchandise d'une place sur l'autre que dans la mesure où le différentiel de prix est assez grand pour justifier le risque pris en la transportant, alors même que, au cours du transport, le prix peut chuter sur la place où le prix est le plus grand en dessous de celui où il est le plus faible au moment du départ de la cargaison. Ceci conduit à la nécessité de spécifier un nouveau système d'anticipation pour les arbitragistes. Ce sera l'objet d'une prochaine publication.

## CONCLUSION

Les remarques précédentes sont celles d'une recherche qui n'est pas terminée. Elles ouvrent cependant des perspectives intéressantes pour l'avenir, tant du point de vue de la représentation de l'espace agricole proprement dit, que de celle de tout espace sur lequel une densité de production ou de clientèle est répartie de façon plus ou moins uniforme. Il est probable, on l'a vu, que des idées analogues pourraient être appliquées au cas des implantations de "grandes surfaces".

Elles montrent aussi qu'il est difficile de comprendre l'organisation de l'espace en faisant abstraction de la dynamique, qui est une composante essentielle. Ce n'est pas là une idée très originale. On la trouve sous la plume d'auteurs comme Puu (1993), qui est arrivé logiquement à développer des modèles de dynamique économique à partir de la nécessité d'expliquer l'organisation de l'espace. Elle est ici particulièrement mise en valeur.

Plus originale est sans doute l'idée que, en matière alimentaire, il existe deux sortes de temps : un temps "lent" pour le producteur, contraint par le cycle des saisons ; un temps "rapide" pour le commerçant et le consommateur final, qui raisonnent "au jour le jour". Entre les deux, la nécessité évidente du stockage conduit à une analyse qui est forcément compliquée par les erreurs d'anticipation et les ruptures de stock, donc par une dynamique qui a toutes les chances d'être chaotique, au sens technique de ce mot.

Mais, ce qui est aussi important, c'est de voir le rôle majeur que les considérations de risque et d'incertitude peuvent jouer dans les problèmes de localisation. Une idée analogue avait déjà été mise en avant par Day et Tinney (1974), qui en avaient tiré des conclusions du même genre, et à qui l'auteur de cette note est grandement redevable. Cependant, ces auteurs, à l'époque, ne disposaient pas des moyens de calcul modernes, et, par ailleurs, ils n'avaient relié les obstacles qu'ils mettaient à l'accroissement de la production, par des contraintes de "flexibilité", à l'existence du risque. Ici, le risque impose de la non linéarité dans un modèle en principe simpliste, et lui confère un comportement très compliqué et contre intuitif. Nous pensons avoir à explorer cette piste dans l'avenir.

## RÉFÉRENCES

Boussard J.M., 1988, "*Economie de l'Agriculture*", Économica, Paris.

Day, R.H. et Tinney E.H., 1974, "A Dynamic Von Thünen Model", *Journal of Economic Geography*.

Puu T., 1993, "*Non Linear Economic Dynamics*", Springer, Berlin.

### *Abstract*

*Considering that production in agriculture relies on space suggests that the function of production is situated in highly diminishing returns for as long as producers are at rest. This also applies to product collection over an area and suggests, statistically, that the monopoly is the natural mode of market organization. These conclusions are called into question by a dynamic approach to the issue. This leads to considering different time frames for the agricultural producer and the retailer. The logic of the resulting model thus implies a non-linear chaotic dynamic for the markets, and a complicated organization of space, with the collection areas having countless reasons for covering up.*

### *Resumen*

*En la agricultura, el conocimiento del hecho de que la producción se haga con el espacio lleva a pensar que la función de producción tiene rendimientos muy*

*decrecientes mientras los productores están inmóviles. Esto también se aplica a la colecta de los productos en un territorio, y conduce, en estadística, a considerar que el monopolio es la organización natural de los mercados. Se dudan de estas conclusiones por la visión dinámica del problema. Aquel primero lleva a considerar etapas de tiempo diferentes para el productor agricola y el comerciante. La lógica del modelo resultante implica entonces una dinámica no lineal caotica para los mercados y una organización complicada del espacio, con áreas de colectas que tienen todas las razones de ocultarse.*