

2002
n° :12 /2002



Département amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique Cirad-amis

Elaboration d'un argumentaire chiffré en vue des négociations agricoles à l'Organisation Mondiale du Commerce

Etude pour le Ministère de l'agriculture
Rapport d'étape
devant être remis en octobre 2001

Ont participé à ce travail, dont la coordination a été assurée par **Françoise Gérard, Marie-Gabrielle Piketty et Jean-Marc Boussard**

Jean-Marc Boussard, directeur de recherche à l'INRA
Ane-Kathrine Christensen, ingénieur à Sygma
Abigaïl Fallot, économiste au Cirad
Françoise Gérard, économiste au Cirad
Marie-Gabrielle Piketty, économiste au Cirad
Tancrede Voituriez, économiste au Cirad



SYNTHESE

Afin de préparer les négociations du prochain cycle de l'OMC, il est utile de disposer d'un instrument de prévision capable d'analyser les conséquences possibles de différents scénarios. Le CIRAD dispose d'un tel modèle, et la présente étude a pour objet de l'utiliser.

Dans ce rapport d'étape, on décrit :

1°) **Le cadre général de l'analyse** : il ne sert à rien de refaire les études du même genre déjà lancées par les institutions (USDA, OCDE, etc...) qui se font les avocats de la libéralisation, ce qui ne pourrait que conduire au résultat standard (et bien connu) que le commerce, en permettant une meilleure réalisation des avantages comparatifs, est globalement avantageux pour tout le monde. En revanche, prendre en compte des phénomènes également classiques et bien connus, mais ignorés par les études précédentes, comme les erreurs d'anticipation, et le comportement des producteurs face au risque, est de nature à permettre l'obtention de résultats différents, et susceptibles d'être opposés aux arguments trop naïfs des « libéraux ».

2°) **Une description complète du modèle et de ses sources de données.** Celles-ci concernent aussi bien les données qui sont nécessaires au fonctionnement proprement dit du modèle (et qui, en général, n'ont pas demandé beaucoup de travail, parce que – de façon tout à fait volontaire, pour éviter les polémiques sur les « mauvaises données » - nous avons en général utilisé les données des modèles « libéraux » déjà évoqués), et celles qui sont requises pour vérifier que le modèle représente raisonnablement bien la réalité qu'il est censé reproduire. Cette dernière catégorie de données a exigé un travail assez lourd, parce que les modèles précédents se sont toujours désintéressés de toute vérification empirique, et que, par conséquent, les données correspondantes n'avaient pas été collectées

3°) **Les améliorations** qu'il a fallu faire subir au modèle pour le rendre compatible avec les exigences du Ministère de l'Agriculture – en particulier, la distinction entre « les riches » et « les pauvres », ainsi que la nomenclature des produits, qui ont nécessité une refonte des données existantes.

4°) **Quelques résultats** de simulation, à titre d'illustration du caractère opérationnel du modèle, et pour en démontrer le caractère réaliste.

On termine par **des propositions de simulation** de politiques à réaliser dans une seconde phase.

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction | 3 |
| Chapitre I – L'instabilité des prix agricoles | 5 |
| Chapitre II Le modèle mondial | 13 |
| 2.1 – Originalités de l'outil | 14 |
| 2.2 Caractéristiques générales du modèle | 15 |
| 2.3 Fonctionnement du modèle | 16 |
| 2.4 Les équations du modèle | 21 |
| 2.4.1. Comportement des producteurs | 21 |
| 2.4.1.1. Détermination de l'offre - Niveau 1 | 21 |
| 2.4.1.2. Détermination de l'offre – Niveau 2 | 21 |
| 2.4.2 Prix et marchés des facteurs | 22 |
| 2.4.2.1. Cas des facteurs à prix endogènes | 23 |
| 2.4.2.2. Cas des facteurs à prix exogènes : le travail qualifié | 23 |
| 2.4.3. Revenus, épargne et demande des ménages | 23 |
| 2.4.3.1. Revenus | 23 |
| 2.4.3.2. Epargne | 24 |
| 2.4.3.3 Demande finale | 24 |
| 2.5.1. Les revenus et la demande du gouvernement | 24 |
| 2.5.4.1. Revenus du gouvernement | 24 |
| 2.5.4.2 Les dépenses du gouvernement | 25 |
| 2.5.5.2 Les importations | 26 |
| 2.5.6 Equilibre domestique et fermeture | 27 |
| 2.5.6.1. 1 ^{er} bouclage récursif : détermination des revenus réels des capitaux | 28 |
| 2.5.6.2 - Module capital | 28 |
| 2.5.6.3 2 ^{ème} Bouclage récursif | 29 |
| Chapitre III- Les données | 31 |
| 3.1- les données socio-économiques | 31 |
| 3.1.1 La dynamique du modèle | 31 |
| 3.1.2 Les données macro-économiques et la situation de référence | 32 |
| 3.1.3 Le volume des branches d'activité | 33 |
| 3. 2 L'Eau | 38 |
| 3.2.1 Les ressources | 38 |
| Chapitre IV – Résultats Préliminaires | 43 |
| 4.1 – Recherche d'une situation de référence | 44 |
| 4.2 Quelques simulations à réaliser pour l'étude de la libéralisation des échanges | 53 |
| Chapitre V- Etat d'avancement, difficultés et calendrier | 54 |
| 5.1 Etat d'avancement | 54 |
| 5.2 Difficultés rencontrées | 54 |
| 5.3 Calendrier | 55 |
| Bibliographie | 56 |
| Annexe 1 | |

Introduction

La France est actuellement une puissance moyenne qui ne peut pas se payer le luxe de prendre le leadership dans une négociation internationale. Il existe pourtant quelques domaines où cette possibilité lui est offerte en raison de sa position particulière, et, certainement, l'agriculture est de ceux-là : nous pesons lourd dans le commerce agroalimentaire européen et mondial, nous avons la plus grosse organisation de recherche agronomique nationale qui existe au monde, nous avons les capacités intellectuelles correspondantes, et nous entretenons des liens étroits avec une foule de pays amis qui partagent notre culture. Toutes les conditions sont réunies pour que nous jouions un rôle majeur.

Il ne faut pas croire cependant que nous y parviendrons du seul fait de la situation qui vient d'être décrite. Celle-ci constitue les barreaux de l'échelle. Encore faut-il y monter. Pour cela, il est essentiel d'être à même de proposer des nouveautés intellectuelle, et des contre-propositions à l'idéologie dominante que les vrais leaders de la négociation, les Américains, ont très bien su faire diffuser dans tous les milieux. Tous les négociateurs, à l'heure actuelle, (y compris beaucoup de Français !) sont persuadés que le libéralisme sauvage est la seule forme réaliste d'organisation du commerce, et celle qui ne peut manquer de s'imposer dans les prochains siècles. Ils croient en particulier que toutes les constructions bureaucratiques édifiées au cours du vingtième siècle sont des bricolages obsolètes, voués à l'oubli, et qui proviennent seulement de l'exceptionnelle capacité des lobbys agricoles pour arracher des rentes de situation indues à leurs concitoyens. Dans ces conditions, même les avocats les plus chauds du « monde agricole » (y compris les professionnels) n'envisagent pas autre chose qu'un combat de retardement, visant à limiter les dégâts, et à préserver « le plus longtemps possible » les rentes de situation au bénéfice de leurs mandants. Une telle attitude est non seulement absurde (si vraiment les agriculteurs bénéficient de rentes non méritées, il n'y a aucune raison pour leur conserver) mais encore inefficace, parce que les arguties que l'on pourra opposer à la partie américaine, alliée au Tiers Monde, seront vite balayés par les idées simples sur les gains d'efficacité à attendre de la libéralisation.

Celle-ci, du reste, ne sera pas totale, et on peut compter sur l'habileté des négociateurs américains pour retourner à leur profit les arguments qui seront présentés en ordre dispersés par les naïfs négociateurs des autres pays qui voudront se borner à protéger des intérêts trop étroits. Il suffira de ne pas protester quand les mesures ainsi proposés les arrangeront, et de fulminer contre la perte d'efficacité et les atteintes aux principes du libéralisme quand leurs intérêts seront en jeu pour obtenir de la négociation à peu près tout ce qu'ils voudront.

La seule façon de préserver la possibilité, pour les autres pays, de mener à leur guise une politique agricole autonome –et il y a quelques raisons de le faire– est donc de se doter des moyens de crever cette baudruche des gains d'efficacité engendrés par le libéralisme sauvage en agriculture. La présente étude est une contribution à cet objectif.

Le problème du « libéralisme sauvage » en agriculture, en effet, n'est pas lié à l'existence des « avantages comparatifs », et à leur sous-exploitation lorsque les échanges sont contrôlés, comme veulent le faire croire les négociateurs américains. Les avantages comparatifs existent, en effet, et, sans nul doute, il est souhaitable pour tout le monde de les mobiliser au maximum, en accroissant les échanges. Du reste, personne n'envisage de cultiver du cacao en Beauce, ni du coton en Laponie : il vaut mieux échanger avec les pays tropicaux pour se procurer ce type de denrées, tout le monde en est d'accord. Le problème ne vient donc pas des échanges en eux-mêmes, mais du moyen de ces échanges, le marché.

Le marché est une institution admirable quand il fonctionne. Il permet alors, par le jeu de la concurrence, de garantir que les prix sont égaux aux coûts de production, et que ce coût est minimum. C'est une très grande vertu, pour le bien du consommateur. Or c'est vraiment le consommateur dont les intérêts doivent être préservés dans une négociation internationale, et

non le producteur, dont les intérêts propres n'ont d'existence qu'à travers ceux du consommateur. Aussi bien, le marché fonctionne-t-il très bien dans de nombreux domaines, et c'est pourquoi il a été possible et souhaitable de « libéraliser » de nombreux produits, en particulier industriels.

Par contre, le marché ne fonctionne pas toujours dans le cas des produits agricoles, et cela pour des raisons très simples, qui tiennent à ce que les économistes appellent « la faible élasticité de la demande ». Cela veut dire que, quel que soit le prix, la consommation alimentaire varie peu. En cas de hausse, les consommateurs font les sacrifices nécessaires pour maintenir cette consommation prioritaire. En cas de baisse, ils profitent de l'aubaine en reportant sur autre chose les « gains » qu'ils obtiennent du faible prix alimentaire. Dans les deux cas, la consommation reste stable, et peu dépendante du prix. De ce fait, ce dernier transmet peu d'information. Une telle situation –on le démontre facilement- est de nature à entraîner une grande instabilité des marchés, et il est facile de vérifier que cela correspond à la réalité (figure 0-1). A son tour, cette instabilité entraîne de grosses difficultés sur les producteurs, qui ne peuvent pas ne pas réagir en diminuant leur production, toutes choses égales, par rapport à la situation qui prévaudrait en présence de prix stables. Cette diminution de la production, à son tour, conduit à des prix plus élevés en moyenne, et à de lourdes « pertes de bien être » pour les consommateurs. Ces pertes, probablement, excèdent largement les gains –indiscutables- susceptibles de provenir d'une meilleure exploitation des avantages comparatifs. Et c'est pourquoi, sans renoncer aux avantages de l'échange, il convient d'être prudent dans la libéralisation des marchés agricoles...

Evolution comparée des prix des automobiles neuves et des tomates au détail dans les grandes villes américaines, 1967-2000
Sources: Economagic.com

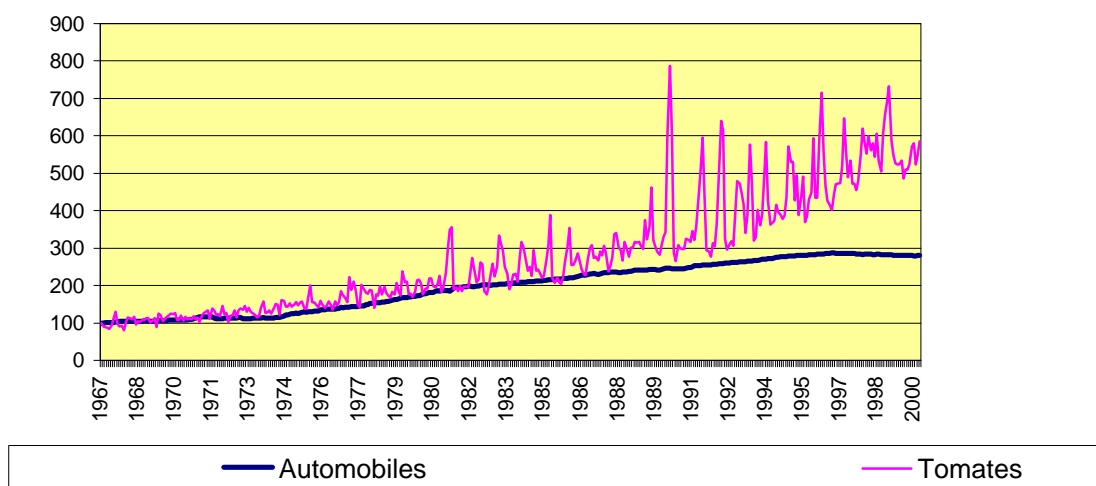


Figure 0 -1 : L'exception agricole.

Les prix de détail des automobiles neuves aux USA varient, mais lentement, en réponse au progrès technique et aux changements de goûts. Il est raisonnable de penser qu'ils reflètent correctement les coûts de production dans un marché concurrentiel. Les prix des tomates, au contraire, fluctuent considérablement. Il est absurde d'imaginer que le coût de production puisse varier du simple au quadruple en quelques mois.

Le raisonnement qui vient d'être exposé est abstrait, mais puissant. Il devrait être au cœur de la négociation. Ce n'est pas le cas, d'une part, parce que, comme on l'a vu plus haut, ce n'est pas de l'intérêt de la partie américaine de le mettre en avant, mais, d'autre part, parce que les négociateurs des autres pays ont du mal à en voir les conséquences concrètes – de même,

d'ailleurs, qu'ils ont du mal à voir les conséquences concrètes de l'exploitation des avantages comparatifs, ce qui explique pourquoi les négociateurs américains font tant de cas de « modèles économétriques » qui quantifient ces avantages, et en donnent une évaluation en dollars.

Il est donc important de faire de même, et de présenter des modèles alternatifs, susceptibles de donner les mêmes évaluations en dollars des gains liés à l'exploitation des avantages comparatifs, mais aussi des pertes entraînées par le mauvais fonctionnement des marchés, et cela, dans différentes hypothèses sur les politiques agricoles mises en œuvre.

Telle est bien l'idée qui a présidé au lancement de la présente étude, laquelle repose sur un modèle (un ensemble de relations mathématique, concrétisées dans un programme informatique) du même type que les modèles américains dont il a été question plus haut, mais dans lequel les conséquences et la faible élasticité de la demande de produits alimentaires sont effectivement prises en compte.

Dans ce rapport d'étape, on présentera le modèle réalisé et ses principales équations, puis les raisons que nous avons pour penser qu'il représente assez bien la réalité observée des marchés agricoles. On terminera par un plan d'action pour la suite de l'étude, avec les scénarii de libéralisation plus ou moins graduelle qui seront étudiés avec le modèle. Auparavant, dans un chapitre préliminaire, on essaiera d'expliquer pourquoi les prix agricoles sont instables, ce qui est à la base de notre raisonnement.

Chapitre I – Pourquoi les prix agricoles sont-ils fluctuants, et quelles sont les conséquences de cette situation ?

A l'origine de l'instabilité des prix agricoles, on trouve deux phénomènes distincts : la faible élasticité de la demande, et les erreurs d'anticipation. Ensemble, ces deux phénomènes conduisent à des fluctuations de prix, lesquelles ont des conséquences dramatiques en terme d'efficacité des systèmes productifs. Nous allons reprendre ces points un à un.

La faible élasticité de la demande

Quand le prix d'un produit augmente, sa demande diminue : c'est la loi de l'offre et de la demande. Mais la situation est tout à fait différente selon l'ampleur de la baisse des ventes en réponse à une augmentation donnée du prix. Avec un accroissement de prix de 1%, si la demande diminue de plus de 1%, elle est dite élastique, et les recettes du producteur diminuent avec l'accroissement de l'offre. C'est évidemment une situation favorable au rééquilibrage du marché. Au contraire, avec une demande rigide, toujours avec un prix en hausse de 1%, la demande ne diminuera que de, par exemple, 0,5%, et la recette du vendeur *augmentera* avec la hausse de prix, ce qui ne favorisera pas, *a priori*, la recherche de l'équilibre. Les figures 1 et 2 illustrent le phénomène.

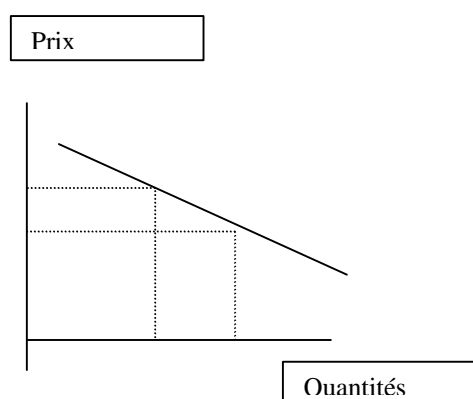


Figure I.1 : Demande élastique
Un déplacement des quantités produit un faible déplacement du prix

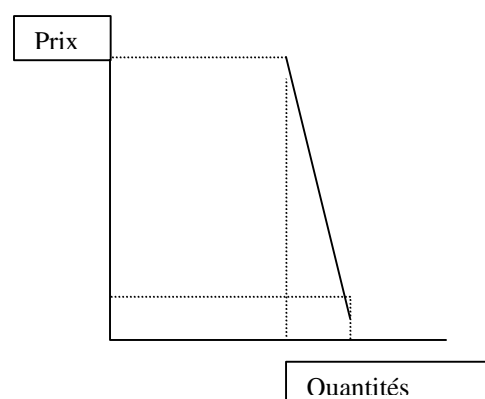


Figure I.2 : Demande rigide
Un déplacement des quantités produit un grand déplacement du prix.

Cette distinction a été faite il y a plus de 300 ans par Grégory King, en observant le fonctionnement de la bourse aux grains de Londres, l'un des premiers marchés de matières premières de l'histoire...

La demande de produits agricoles de base est rigide, pour les raisons indiquées plus haut. Mais cela, en soit ne suffit pas à expliquer les fluctuations.

Les erreurs d'anticipation

Aucun agriculteur, au moment où il plante, ne peut savoir avec certitude à quel prix il vendra sa récolte. Cependant, bien sûr, s'il plante, c'est parce qu'il espère (il *anticipe*) que le prix sera rémunérateur. Pour comprendre pourquoi un agriculteur plante, et ce qu'il va planter, il est donc essentiel de savoir comment il forme ses anticipations, c'est à dire ses croyances concernant l'évolution des prix auxquels il vendra ses produits.

Beaucoup de modèles économiques « standards » - en particulier, la plupart de ceux qui, dans un passé récent, ont été utilisés pour calculer les bénéfices à espérer de la libéralisation - font à ce sujet l'hypothèse que les agriculteurs anticipent ce qui sera le prix d'équilibre sur le marché. Cette hypothèse est connue sous le nom « d'anticipations rationnelles », parce qu'il serait en effet rationnel, si c'était possible, de procéder ainsi¹. Mais rien ne permet d'affirmer qu'il en est effectivement ainsi.

L'hypothèse d'anticipations rationnelles, cependant, n'a forcément des conséquences aussi fâcheuses qu'on pourrait le craindre. Avec les simplifications qu'elle entraîne pour les calculs informatiques, c'est ce qui explique sa popularité. S'il se trouve que les prix reviennent spontanément vers l'équilibre lorsqu'ils en sont écarté, alors elle est tout à fait justifiée pourvu qu'on s'intéresse à des phénomènes de long terme. Mais justement *dans le cas de l'agriculture* (et plus généralement, dans le cas des activités, comme les services de santé, pour lesquelles la demande est rigide), ce n'est pas ce qui arrive.

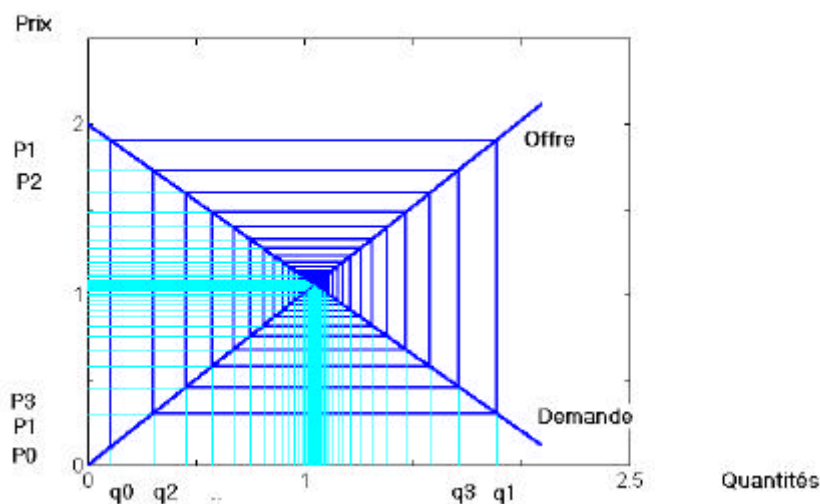


Figure I-3 : le modèle du « cobweb »

En partant de la quantité q_0 , on obtient le prix p_1 , qui conduit à offrir q_1 , quantité pour laquelle le prix d'équilibre est p_2 , prix auquel on offre q_2 , etc.. Ici, parce que la demande est élastique, le système « converge » vers l'équilibre optimal.

¹ En toute rigueur, du reste, l'hypothèse connue sous le nom « anticipations rationnelles » ne dit pas que les agents connaissent le prix d'équilibre, mais qu'ils traitent « rationnellement » l'information disponible au moment où ils prennent leur décision, ce qui est probablement admissible. C'est en réalité en introduisant (de façon abusive) une seconde hypothèse (le traitement rationnel de l'information disponible permettrait aux agents de deviner le prix d'équilibre) que l'on parvient à justifier la pratique courante des « modèles d'équilibre général ».

Dans le cas de l'agriculture, en effet, à cause de la rigidité de la demande, si les prix s'écartent de l'équilibre, ils n'ont pas tendance à y revenir. Cela se voit en particulier avec les modèle du « cobweb » et des anticipations dites « naï ves ». Les anticipations naï ves consistent à faire l'hypothèse que les entrepreneurs considèrent le prix courant comme le prix d'équilibre. Avec les anticipations naï ves, on peut obtenir un diagramme de l'ajustement offre/demande comme celui de la figure I.3, que l'on peut exprimer analytiquement avec le système d'équations ci dessous (en supposant les courbes d'offre et de demande linéaires) :

$$\begin{aligned}\hat{p}_t &= p_{t-1}, & (1, \text{anticipations}) \\ p_t &= \mathbf{a} q_t + \mathbf{b}, & (2, \text{demande}) \\ \hat{p}_t &= a q_t + b & (3, \text{offre})\end{aligned}$$

où p_t et \hat{p}_t sont respectivement, le prix constaté, et le prix anticipé à la date t \mathbf{a} est la pente (négative, d'autant plus grande en valeur absolue que la demande est plus rigide) de la courbe de demande. a est la pente de la courbe d'offre, donc celle du coût marginal croissant, b et β sont des constantes.

On vérifie facilement que, quand t augmente, le système ci dessus converge vers un équilibre si $|\mathbf{a}/a| < 1$, diverge (les prix et les quantités deviennent infinies) si $|\mathbf{a}/a| > 1$, et reste périodique pour $|\mathbf{a}/a| = 1$. Dans le cas de l'agriculture, il y a toutes les chances, avec une demande rigide, donc une valeur de α grande en valeur absolue, de se trouver dans la situation de la « divergence ».

Bien évidemment, comme on n'a jamais vu les prix devenir infinis, il faut qu'il y ait quelque part un mécanisme de rappel, qui oblige le système à revenir *au voisinage* de l'équilibre quand il s'en écarte trop. Il est possible d'imaginer de nombreux mécanismes pour cela, mais le plus simple (et celui qui correspond sûrement le mieux à ce que l'on peut observer en discutant avec des producteurs) est sans doute l'existence du risque, et les moyens que les agriculteurs emploient pour l'éviter.

Le risque stabilisateur

Les agriculteurs ne sont pas fous, et ils gèrent leurs risques, tout le monde sait cela. C'est ce qui permet au système précédent de ne jamais s'écarte de l'équilibre à l'infini. La discussion de cette remarque implique une technicité un peu forte pour ce chapitre préliminaire, mais nous espérons la maintenir dans des limites raisonnables.

Une des façons traditionnelles en économie de tenir compte du risque consiste à supposer que les décideurs font une moyenne pondérée de leur « espérance de gain » (le gain moyen) et du risque associé à ce gain, mesuré par sa variance. Il est intéressant de reprendre le cobweb ci dessus avec cette hypothèse.

Pour forcer la note, on va supposer que la moyenne des anticipations est invariante :

$$\hat{p}_t = p^\circ, \quad (1\text{bis})$$

où p° est une constante, qui peut être égal au prix d'équilibre du marché :

$p^e = (a b - a b) / (a - a)$, ou en différencier. Mais dans tous les cas, le producteur, qui maximise l'espérance d'utilité de son revenu, prend une prime de risque, et recherche l'égalité de son coût marginal avec l'équivalent certain du prix, soit² :

$$p_t^c = \hat{p}_t - A \hat{S}_t^2 q_t \quad (4)$$

où \hat{S}_t^2 représente la variance anticipée du prix pour la période t, et A est un « coefficient d'aversion pour le risque ». Pour fermer le modèle, il faut une équation pour définir \hat{S}_t^2 . On prendra quelque chose qui se rapproche des anticipations naïves, soit :

$$\hat{S}_t^2 = (p_t - p_{t-1})^2 \quad (5)$$

Avec ces spécifications, la dynamique de ce modèle devient réellement intéressante. La figure 1 donne une idée du type de résultat obtenu avec des valeurs relativement plausibles pour les paramètres³.

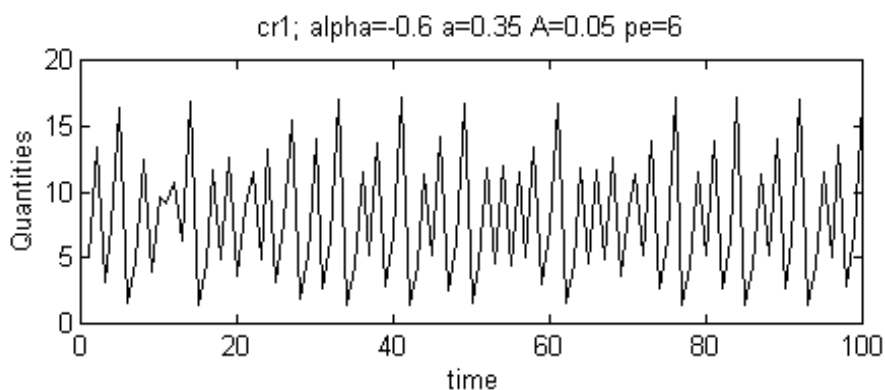


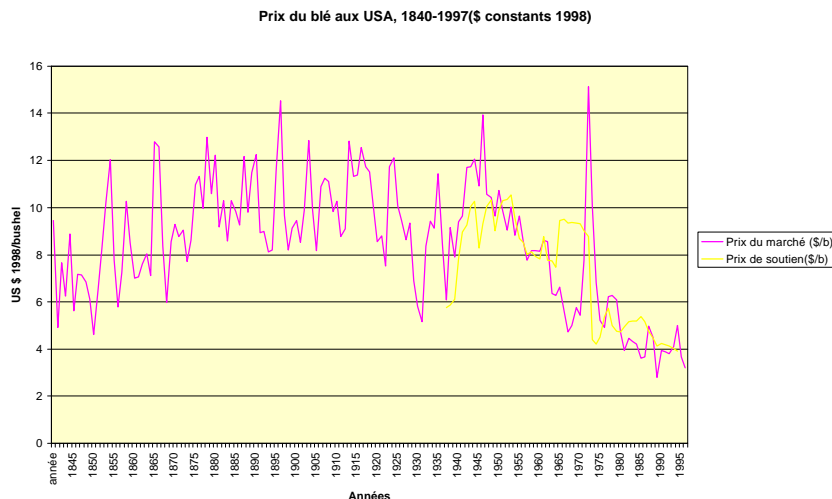
Figure 1-4 : Exemple de résultat du modèle (2) - (5)

Ressemble diablement à une série réelle, comme celle de la figure 0.1 pour les tomates

Une telle série n'est pas loin de ressembler à une série « réelle », comme celle de la figure 0-I pour les tomates (voir aussi la figure I-5 ci dessous, qui représente les fluctuations du prix du blé aux USA au cours des derniers 150 ans) . En tout cas, elle en a l'allure imprévisible, et l'absence de périodicité. Du reste, elle est réellement imprévisible à long terme, et apériodique : Il s'agit vraiment d'une série chaotique, dont les propriétés ont été étudiées par Boussard (1996). Elle n'en a pas moins une distribution de probabilités. La figure I-6 donne l'histogramme des fréquences des prix en fonction de leur valeur (c'est donc une densité de probabilité), pour les valeurs indiquées des paramètres (les mêmes, en l'occurrence, que pour la figure I- 4). Nous sommes évidemment bien loin d'une loi de Gauss.

Le problème est que cette distribution de probabilité n'a rien de stable. La figure I-7 montre comment elle évolue quand on fait varier la pente de la courbe de demande, en faisant tourner cette dernière autour du point d'équilibre (les autres paramètres sont légèrement différents de

³ Il est en effet essentiel de noter que ce type de résultat ne s'obtient pas pour n'importe quelle valeur des paramètres, comme on va le voir plus loin. Il arrive que les chroniques engendrées par ce modèle soient périodiques ou qu'elles convergent vers un équilibre. Mais des résultats « chaotiques » comme celui là s'observent souvent pour des valeurs des paramètres de l'ordre de grandeur de celles auxquelles on s'attend pour des marchés de matières premières, avec une courbe de demande rigide, et une courbe d'offre relativement élastique.



ceux de la figure I-5, ceci pour éviter d'avoir des prix négatifs). Ceci interdit complètement l'utilisation des techniques standards d'assurance pour lutter contre les fluctuations.

Figure I- 5 Prix du blé aux USA depuis 1840

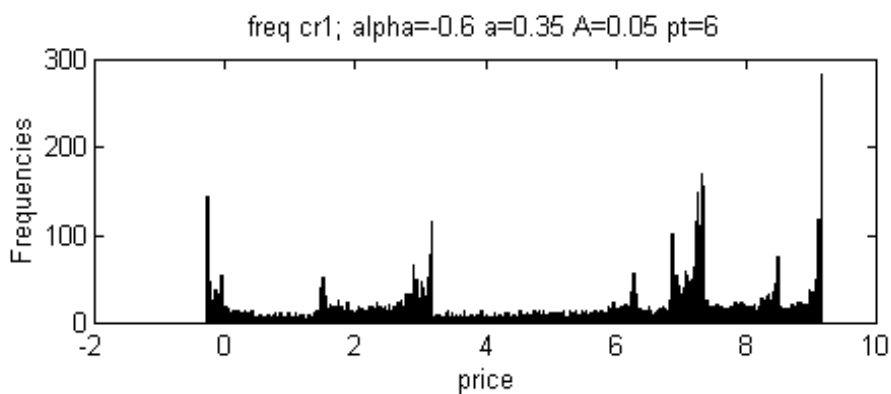


Figure I-6 : Densité de probabilité des prix dans le modèle (1bis)-(5), pour les valeurs indiquées des paramètres

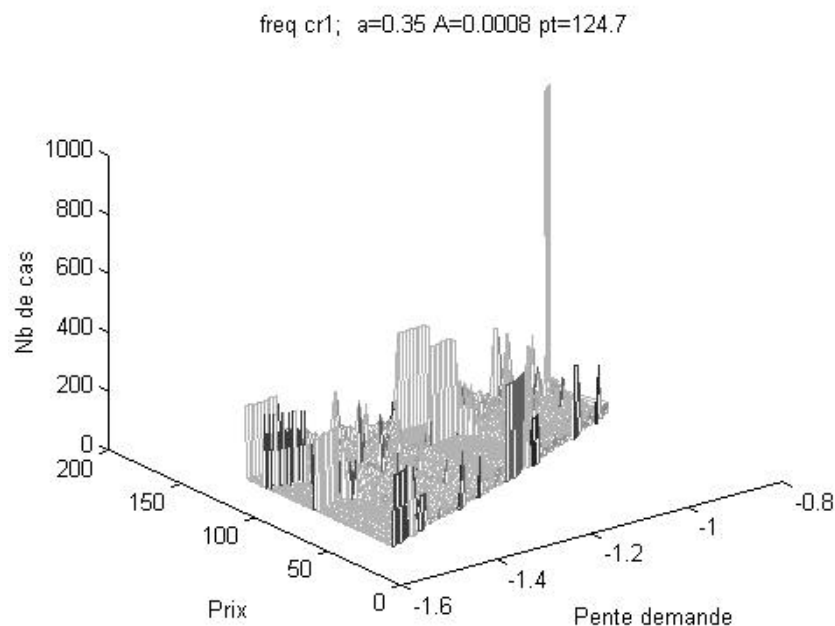


Figure I-7 : Modification des fréquences de la figure I-5 en fonction de la pente de la courbe de demande

L'addition de complications au modèle (1bis)-(5), pour le rendre plus réaliste n'en modifie pas les propriétés fondamentales. La première idée qui vient à l'esprit de ce point de vue est de remplacer (1bis) par une formule plus en conformité avec l'idée que les opérateurs s'intéressent tout de même à la moyenne des prix. On peut remplacer (1bis) et (5) par toutes sortes de formules de moyennes mobiles, ou d'anticipations adaptatives, sans que cela change beaucoup les propriétés du modèle. On peut remplacer l'équivalent certain de Markowitz-Tobin, uniquement basé sur la variance, par une formule plus compliquée, basée sur la maximisation explicite de l'espérance d'utilité d'une fonction du fonction concave de la richesse en fin de période, par exemple w^α , avec $0 < \alpha < 1$, la distribution de probabilité des prix étant déduite des précédents résultats du modèle : dans toutes ces hypothèses, s'il est plus ou moins « facile » ou « difficile » de tomber sur un régime chaotique plutôt que sur la convergence, la possibilité du régime chaotique est toujours présente.

Les conséquences

La discussion précédente, indispensable pour situer l'exercice présenté ici dans son contexte théorique, aura pu faire perdre de vue le point essentiel sur lequel il faut revenir maintenant : les prix agricoles sont fluctuants. Ces fluctuations sont engendrées par le mauvais fonctionnement des marchés, et ce mauvais fonctionnement est spécifique au secteur. Mais quelles sont leurs conséquences ?

Lorsque les marchés fonctionnent, on l'a vu, l'équilibre se fait au point où le coût marginal est égal au prix, et ce point est en quelque sorte optimal, parce qu'il correspond à la solution du problème qui consiste à maximiser la somme des « surplus » joints du consommateur et du producteur (les aires en rouge et jaune de la figure I-7).

En présence de risque, on l'a vu, le producteur ne maximise pas son espérance de gain, mais plutôt, une moyenne pondérée de l'espérance de gain et du risque, qu'on appelle « l'équivalent certain ». L'équivalent certain, par construction, conduit à une production

moindre, et à un prix moyen plus élevé que ceux que l'on obtient lorsqu'on néglige le risque. Cela entraîne des pertes pour la société, parce que les consommateurs payent leurs produits trop cher en moyenne (même s'ils bénéficient d'aubaines de temps à autre), tandis que les bénéfices des producteurs par unités de produit ne compensent ni les pertes subies par les consommateurs, ni les manques à gagner sur les ventes « potentielles » qui ne se font pas (figure I-8).

Les pertes que subit ainsi la Société peuvent être considérables ou légères selon les circonstances, l'aversion pour le risque des producteurs, l'ampleur des fluctuations de prix, etc...

Or il est clair que la libéralisation du commerce mondial, si les négociations de l'OMC « réussissent », est de nature à créer des phénomènes du genre de ceux qui viennent d'être évoqués ici, phénomènes qui sont maintenant évités, au moins dans la plupart des pays développés, et dans bon nombre de pays en voie de développement, par les politiques agricoles nationale. La vraie question est donc la suivante :

Les gains d'efficacité qui seront obtenus (cela ne fait aucun doute) par un accroissement des spécialisations nationales, et une meilleure exploitation des avantages comparatifs, ne risquent pas d'être effacés, et au delà, par les conséquences négatives de l'accroissement des fluctuations des prix de marché ?

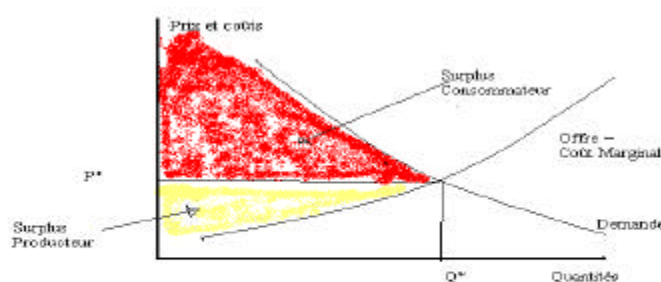


Figure I-7 : L'équilibre offre / demande idéal

le prix est égal au coût marginal ; La somme des surplus est maximum

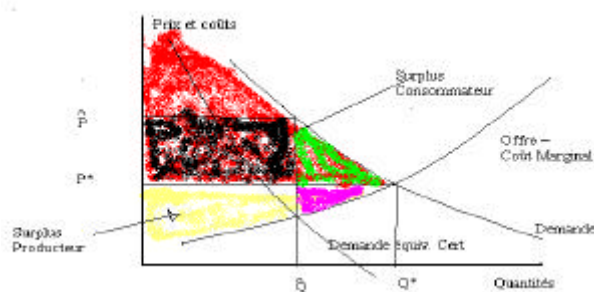


Figure I-8 : L'équilibre offre demande en présence de risque de prix

Le coût marginal est égal à l'équivalent certain du prix. L'offre est faible, le prix moyen élevé.

Accessoirement, une autre question se pose, du fait que, on l'a vu, les équilibres de marchés permettent de maximiser une somme algébrique de gains et de pertes, mais non de garantir que les pertes seront nulles *pour tout les monde*. Il faut donc aussi répondre à une question qui est rarement posée par les modèles généralement utilisés à l'OMC :

Comment les gains et les pertes sont-ils répartis entre les pauvres et les riches ?

Telles sont les questions auxquelles nous tenterons de répondre dans la suite de cette étude.

Chapitre II – Le modèle mondial

Avant le détail des équations, ce chapitre présentera les principales originalités et les caractéristiques générales du modèle réalisé. On présentera ensuite les différentes versions de cet outil et les raisons qui nous ont amené à les réaliser.

2.1 – Originalités de l'outil

Le modèle que nous avons construit diffère des modèles mondiaux utilisés pour l'étude des conséquences de la libéralisation des échanges par trois caractéristiques majeures :

- une représentation relativement détaillée du secteur agricole ;
- la prise en compte des délais de production, caractéristiques des activités agricoles et des erreurs dans les prévisions de prix de vente des produits et du risque qui en découlent ;
- une représentation des flux de capitaux associés aux déficits commerciaux et des décisions d'investissements dans un contexte d'incertitude ;

Ces trois caractéristiques induisent des non-linéarités importantes dans les réponses de l'économie aux signaux de prix. Plusieurs études réalisées sur des cas théoriques ou appliqués mais en équilibre partiel (Day^{4/}, Chavas, Grandmont Boussard) ont mis en évidence l'intérêt d'une telle approche pour une représentation plus réaliste de l'économie. Une dynamique complexe des séries de prix et de quantités remplace la trajectoire rectiligne obtenus dans les modèles « classiques ». Les séries obtenues à partir de ce type de modèle présentent des pseudo-cycles, dont la légère irrégularité implique des points de retournement totalement imprévisibles. Les résultats sont alors extrêmement dépendant des conditions initiales et évoluent selon des attracteurs étranges^{5/} différents en fonction des paramètres du modèle. Aucune tentative dans le cadre de modèle d'équilibre général mondiaux appliqué n'a été réalisée jusqu'ici à notre connaissance. Alors que les modèles appliqués reproduisent fidèlement le cadre théorique de l'équilibre Walrasien, s'intéressant aux caractéristiques de l'équilibre du système une fois tous les ajustements réalisés, et en supposant qu'aucune contrainte majeure ne s'y oppose, on propose ici de s'intéresser aux équilibres temporaires et ainsi de représenter les fluctuations. L'approche est ainsi tout à fait complémentaire à celle développée jusqu'ici dans les modèles appliqués étudiant la libéralisation des échanges.

Pour la production agricole, afin de tenir compte des délais de production, des difficultés de stockage et de transport, on suppose que l'offre ne peut réagir instantanément aux prix. La détermination du prix d'équilibre pour les produits agricoles est donc réalisée avec une offre fixée, conformément à la théorie du déséquilibre (Benassy, 1984). Celle-ci est déterminée dans la période précédente en fonction des prévisions de rentabilité de l'activité (anticipations de prix et de variance des prix des produits agricoles, prix des facteurs et des inputs).

Pour les autres secteurs, le cadre habituel de l'équilibre général a été conservé. On cherche, comme cela se fait habituellement, le vecteur de prix qui équilibre offre et demande, les prix et les quantités s'ajustant simultanément. La demande finale des ménages dépend des revenus

^{4/} On trouve une revue biblio détaillée jusqu'en 92 dans Day, 1994. Celui-ci s'interroge d'ailleurs, sans vraiment trouver de réponse à part une réticence face aux nouvelles approches en sciences, sur le peu de place de ces travaux dans la littérature académique.

^{5/} Au lieu de converger vers une valeur finie, d'être périodique ou infinie, les valeurs successives des variables d'état restent confinées dans un domaine fini, sans qu'il soit possible de repérer aucune périodicité.

distribués lors de la production. Différentes hypothèses ont été réalisées sur la flexibilité des marchés du travail, donnant lieu à différentes versions du modèle. Dans les modèles d'équilibre général, on suppose généralement que les prix des facteurs sont soit flexibles, déterminés par l'offre et la demande, et payés à leur coût d'opportunité, soit rigides, les salariés s'opposant systématiquement à une diminution des salaires nominaux. Les entreprises font alors face à un prix exogène du facteur de production et ajuste la quantité utilisée. Dans les pays développés, il nous a semblé que la réalité se situait entre ces deux extrêmes. En effet, si la législation sur le salaire minimum introduit une certaine rigidité, les multiples interventions de l'Etat dans ce domaine constituent bien une façon de rapprocher le coût du travail pour les entreprises de son coût d'opportunité. Le décalage d'une période dans la distribution des revenus permet, dans certaines versions du modèle, de simuler une politique économique qui compense partiellement les salariés lorsque le coût d'opportunité du travail diminue, sans obliger à une rigidité totale des salaires.

2.2 Caractéristiques générales du modèle

10 secteurs⁶ sont considérés, dont 5 concernent directement la production agricole et sylvicole et deux les activités de transformations associées à ces productions (encadré 1). Le critère qui a présidé à cette nomenclature est simple : il s'agissait de faire en sorte d'avoir un minimum d'homogénéité entre les secteurs pour les variables du modèle qui nous intéressent dans le cadre de cette étude. De ce point de vue, le degré de détail accordé au secteur agricole est une originalité importante de ce modèle, utile afin de se faire une idée des conséquences de la libéralisation des échanges sur la sécurité alimentaire.

Deux types de ménages sont considérés. Ce sont en effet les populations à revenus faibles ou moyens qui risquent d'être le plus touchées par la libéralisation des échanges si celle-ci se traduit par un accroissement de l'instabilité des prix des produits alimentaires. Nous aurions souhaité être à même de diviser la population en 2, à la médiane des revenus par exemple. Cependant peu de données, à part les seuils de pauvreté, sont disponibles dans les statistiques internationales.

Encadré 1 : les secteurs

- riz
- autres céréales
- autres productions agricoles
- produits animaux
- produits forestiers
- industrie agroalimentaire
- industrie du bois
- autres industries
- services
- énergie, ressources

⁶ La base de données GTAP de 1995 a été utilisée. L'annexe 1 décrit dans le détail le processus d'agrégation et les différentes hypothèses réalisées.

Outre les consommations intermédiaires, la production requiert des facteurs, **5 types de facteurs de production** sont distingués dans le modèle, ils sont supposés partiellement substituables et diffèrent par leur mode de renouvellement/usure, leur mobilité entre secteurs et leurs prix. Le capital est immobile entre les secteurs, afin de refléter la difficulté à transformer des équipements spécifiquement conçus pour un type d'activité afin de les utiliser pour une autre. Seuls la dépréciation et l'investissement modifient ainsi la dotation initiale. La main d'œuvre non qualifiée ou qualifiée est commune à l'ensemble des activités agricoles et peut ainsi être affectée librement à l'une ou l'autre de ces activités de production en fonction des rentabilités relatives. Pour les activités non agricoles, la main d'œuvre non qualifiée disponible est spécifique à chaque secteur d'activité et s'ajuste en fin de période en fonction des perspectives anticipées que la branche offre aux salariés. Pour la main d'œuvre qualifiée, elle est allouée librement entre les industries de transformations (industries alimentaires, du bois ou manufacturière) et est spécifique pour les branches services et énergie-ressources. On prend ainsi en compte une mobilité partielle des salariés sur le marché du travail. L'offre de travail varie d'une année sur l'autre en fonction des rémunérations espérées et d'une élasticité de substitution, reflétant les coûts de transactions associés au changement de branche d'activité.

La terre n'est utilisée que pour les activités agricoles et est allouée librement entre ces activités. En principe, il aurait fallu distinguer les cultures annuelles, où cette hypothèse est justifiée, des cultures pérennes où la décision de planter implique une utilisation de la terre pendant plusieurs années, la seule décision étant la récolte, comme cela est fait dans RUNS (Van den Mensbrughe, 1998). Cependant, ceci compliquant considérablement la représentation du processus de production, il a été décidé d'utiliser une représentation simplifiée dans un premier temps.

Les ressources naturelles sont utilisées par l'agriculture, la forêt et la branche énergie ressources.

Encadré 2 : les facteurs de production

- terre
- ressources naturelles
- main d'œuvre qualifiée
- main d'œuvre non qualifiée
- capital

Les matrices de compte sociaux, qui permettent la description de l'ensemble des relations socio-économiques l'année de base, sont directement issues de la base de données GTAP. Le découpage géographique du monde en 12 régions est fourni en annexe 1.

2.3 Fonctionnement du modèle

Le modèle fonctionne sur un pas de temps annuel et est divisé en deux modules : le premier décrit le processus de production physique de biens et services, l'utilisation des facteurs de production, la distribution des revenus et la consommation ; le second, les opérations financières c'est à dire les flux de capitaux entre nations, déterminés par l'épargne domestique et le solde commercial, ainsi que l'allocation des investissements entre les différents secteurs

d'activité, en fonction des rentabilités espérées du capital et du risque associé dans les différentes branches de l'économie domestique.

- Dans le **premier module** :

On calcule l'équilibre sur le marché domestique de deux façons différentes selon qu'il s'agit ou non d'un produit agricole. En effet, on suppose que les décisions de production sont prises un an avant la mise sur le marché pour les produits agricoles. Si bien que **l'offre** d'importation, qui s'ajuste immédiatement aux prix, s'ajoute à une offre domestique fixée. La production agricole est ainsi déterminée sur la base de prix anticipés, ce qui génère une demande immédiate en consommation intermédiaire, un niveau d'utilisation des facteurs et un prix pour ceux-ci. Au contraire, pour les biens non agricoles l'offre est vendue immédiatement, elle se détermine donc en fonction des prix d'équilibre et il n'y a pas de possibilités d'erreur d'anticipation. Dans les deux types de bien, agricole ou non agricole, les produits font face à la même **demande** : demande finale des détenteurs de facteurs de production, c'est à dire les salariés (liée à leur rémunération courante ou à celle de la période précédente selon les versions), et les détenteurs de capitaux (liée à leur rémunération à la période précédente), terre et ressources naturelles ; demande de biens d'investissement (déterminée par les résultats du second module, l'année précédente) et la demande d'exportation.

Le commerce international est représenté, de façon extrêmement classique par une armington pour les importations, les exportations des uns étant définies comme les importations des autres. On ne considère donc que des transactions bilatérales, chaque produit étant supposé légèrement différent selon son lieu de production, déterminée par le niveau des prix relatifs et les paramètres de préférence. Le taux de change est exogène à ce module.

- Dans le **second module** :

On déduit du module 1, le niveau des investissements pour la période suivante, somme de l'épargne domestique et étrangère. L'épargne étrangère est calculée afin de compenser le déficit commercial.

Les résultats économiques réels de chaque branche d'activité pour la période $t-1$ ne peuvent être calculés qu'en fin de période t . En effet, les décisions du module 1 ont été prises sur la base d'anticipations de prix et les prix réels auxquels sont vendus les produits ne sont connus qu'une période plus tard. Ce n'est donc qu'une période plus tard que la rémunération réelle du capital peut être calculée. Cela est fait de façon résiduelle, en soustrayant l'ensemble des coûts de production à la valeur de la production. La rentabilité du capital dans les différents secteurs de l'économie et le risque associé, calculé comme la différence entre la rentabilité anticipée et la rentabilité réelle, permet le calcul de l'allocation de l'investissement entre les différents secteurs, par une maximisation du profit attendu des investisseurs, conforme à la formule de Markovitz (1970)

Dans cette version, extrêmement simplifiée, les taux de change sont exogènes. Il est prévu de réaliser un module capital beaucoup plus élaboré où, comme c'est le cas dans le modèle théorique, les taux de change et les taux d'intérêt sont endogènes, fonction de l'offre et de la demande de monnaie. Cependant, les problèmes de convergence nous ont conduit à remettre à plus tard cette amélioration.

Il s'agit d'un modèle en dynamique récursive, avec un pas de temps annuel. Chaque période est reliée à la précédente par l'offre de produits agricoles, les revenus décalés, la détermination des anticipations de prix et de variance, ainsi que de rentabilité du capital, la

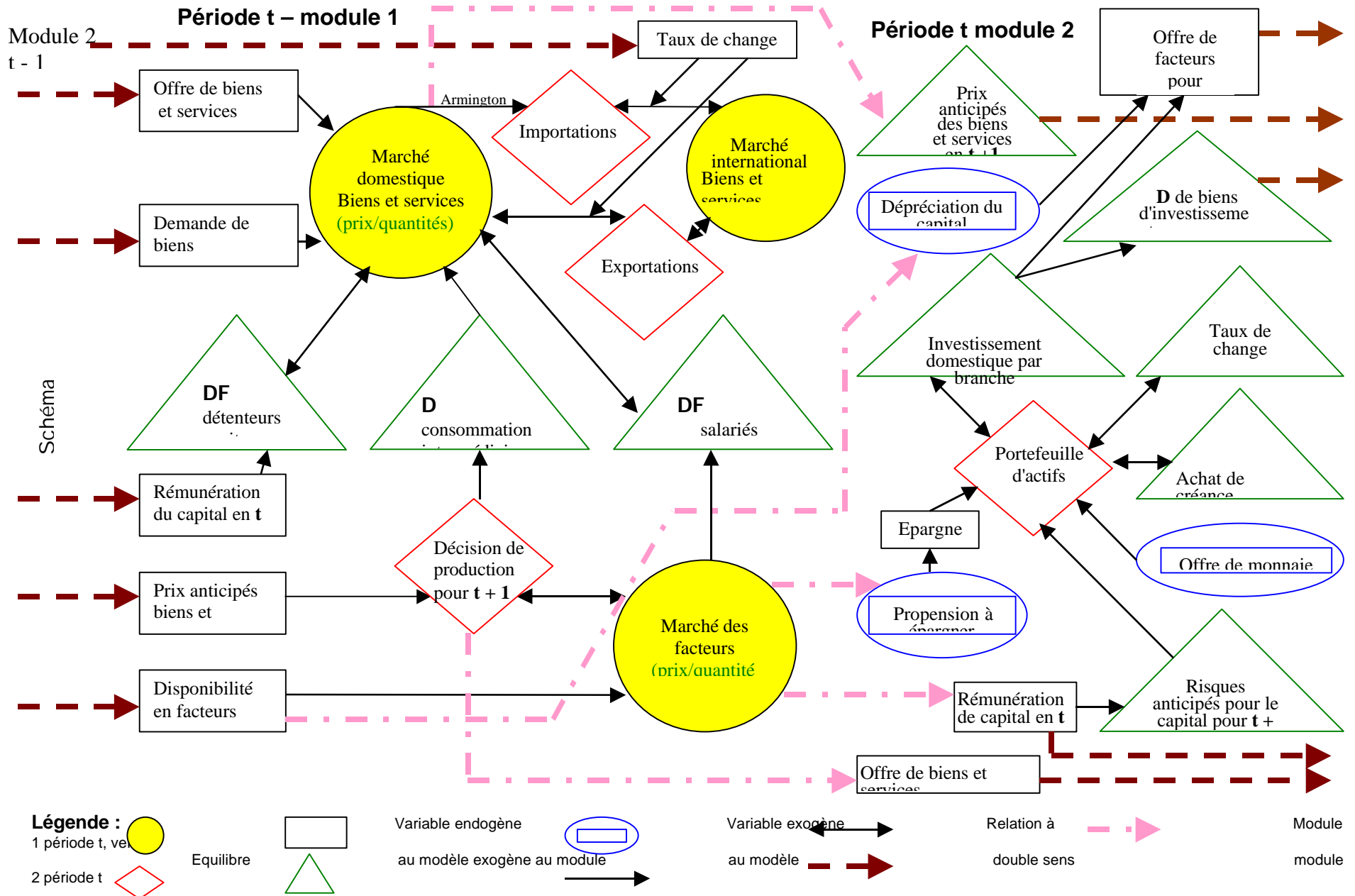
mobilité des salariés entre branches, en fonction des rémunérations et la croissance démographique. Par ailleurs, les niveaux d'émission sont comptabilisés et accumulés.

Le schéma 1 résume le fonctionnement du modèle: chaque période t (année ou demi année, en fonction des besoins) est divisée en deux modules, résolus successivement.

- le premier retrace les opérations physiques, le second les opérations financières ;
- on peut ainsi calculer la demande en biens d'investissement et l'offre de facteurs pour la période suivante qui en découle, le taux de change, les prix anticipés et le risque associé à chaque secteur d'activité.;
- les biens capitaux et la main d'œuvre utilisée sont spécifiques à chaque secteur, il y a un ajustement de la main d'œuvre à la fin de chaque période en fonction des rémunérations relatives.

On a ainsi un modèle d'équilibre général, en dynamique récursive, où certains marchés sont en équilibre alors que d'autres sont contraints par les quantités (théorie du déséquilibre).

Description du modèle



2.4 Les équations du modèle

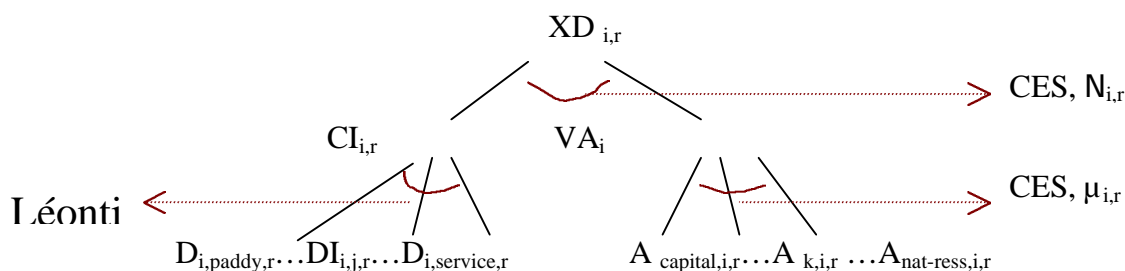
A MODULE ECONOMIE physique

2.4.1. Comportement des producteurs

Une caractéristique essentielle de ce modèle est liée à la prise en compte des anticipations imparfaites et du risque dans les décisions de production. Afin de bien montrer ce que cela change dans le modèle on présentera successivement le cas classique « sans risque et anticipations parfaites » et le cas « avec risque et anticipations imparfaites ». On peut supposer dans le modèle que ce deuxième cas s'applique à toutes les productions ou alternativement qu'il caractérise surtout les productions agricoles pour lesquelles les délais entre les décisions de plantation et de récolte sont particulièrement significatifs.

Dans tous les cas, la structure des fonctions de production – qui traduit comment les différents inputs se combinent pour former l'output - est la même (cf figure 1), aux paramètres près bien entendu.

Figure 1 : Structure de la fonction de production



2.4.1.1. Détermination de l'offre – Niveau 1 (Agrégat consommation intermédiaire – valeur ajoutée)

a. Cas de la production sans risque

Les producteurs sont censés connaître avec certitude le prix auquel ils vont vendre leur production, lequel est le prix $pd_{i,r}$ d'équilibre du marché. La production $XD_{i,r}$ est une fonction CES d'un agrégat de consommation intermédiaire $CI_{i,r}$ et d'un agrégat « Valeur ajoutée » $VA_{i,r}$. En considérant $to_{i,r}$ les subventions à la production du bien i (taxes si $to_{i,r}$ est négatif), $pinp_{i,r}$ le prix de l'agrégat consommation intermédiaire et $pva_{i,r}$ le prix de l'agrégat valeur ajoutée, le programme du producteur peut s'écrire :

$$\text{Max } B_{i,r} = (pd_{i,r} + to_{i,r}) * XD_{i,r} - pinp_{i,r} * CI_{i,r} - pva_{i,r} * VA_{i,r}$$

Avec

| | |
|------------|--|
| (1) | $XD_{i,r} = P_{i,r} * (O_{i,r} * CI_{i,r}^{-Ni,r} + (1-O_{i,r}) * VA_{i,r}^{-Ni,r})^{-1/Ni,r}$ |
|------------|--|

Ce programme donne les conditions du premier ordre suivantes :

$$(2) \quad CI_i = ((p_{i,r} + t_{i,r}) / p_{i,r})^{1/1+Ni,r} * P_{i,r}^{-1/1+Ni,r} * O_{i,r}^{1/1+Ni,r} * XD_{i,r}$$

$$(3) \quad VA_{i,r} = ((p_{i,r} + t_{i,r}) / p_{i,r})^{1/1+Ni,r} * P_{i,r}^{-1/1+Ni,r} * (1 - O_{i,r})^{1/1+Ni,r} * XD_{i,r}$$

b. Cas de la production avec risque

Dans ce second cas, les producteurs observent les niveaux et les variations des prix de leur output. Sur cette base, ils anticipent un prix de vente $PT_{1,i,r}$ et une variance $var_{p_{i,r}}$ mais ils savent qu'ils peuvent se tromper. Soit $av_{prod_{i,r}}$, leur aversion pour le risque, le programme des producteurs peut s'écrire :

$$\text{Max } B_{i,r} = (PT_{1,i,r} + t_{i,r}) * XD_{i,r} - p_{i,r} * CI_{i,r} - p_{i,r} * VA_{i,r} - \frac{1}{2} av_{prod_{i,r}} * var_{p_{i,r}} * XD_{i,r}^2$$

Avec

$$(1) \quad XD_{i,r} = P_{i,r} * (O_{i,r} * CI_{i,r}^{-Ni,r} + (1 - O_{i,r}) * VA_{i,r}^{-Ni,r})^{-Ni,r}$$

Ce programme donne les conditions du premier ordre suivantes :

$$(2\text{-risque}) \quad CI_{i,r} = ((PT_{1,i,r} + t_{i,r} - av_{prod_{i,r}} * XD_{i,r}) / p_{i,r})^{1/1+Ni,r} * P_{i,r}^{-1/1+Ni,r} * O_{i,r}^{1/1+Ni,r} * XD_{i,r}$$

$$(3\text{-risque}) \quad VA_{i,r} = ((PT_{1,i,r} + t_{i,r} - av_{prod_{i,r}} * XD_{i,r}) / p_{i,r})^{1/1+Ni,r} * P_{i,r}^{-1/1+Ni,r} * (1 - O_{i,r})^{1/1+Ni,r} * XD_{i,r}$$

2.4.1.2. Détermination de l'offre – Niveau 2

Consommations intermédiaires – demande en facteurs de production

Au second niveau, il reste à déterminer la demande pour chaque type de consommation intermédiaire et pour chaque type de facteurs de production.

On considère, d'une part, que l'agrégat « consommation intermédiaire », $CI_{i,r}$, est une fonction Léontief de l'ensemble des consommations intermédiaire, $DI_{i,j,r}$. Soient $io_{i,j,r}$ la part du secteur j dans la demande totale de consommations intermédiaires du secteur i et $tin_{i,j,r}$ les taxes sur les consommations intermédiaires j du secteur i , on a alors :

$$(4) \quad DI_{i,j,r} = io_{i,j,r} * CI_{i,r} \quad \text{et} \quad (5) \quad p_{i,r} = G_j io_{i,j,r} * p_{j,r} * (1 + tin_{i,j,r}) * CI_{i,r}$$

D'autre part, la valeur ajoutée $VA_{i,r}$ est une fonction CES de l'ensemble des facteurs de productions k {travail non qualifié, travail qualifié, terre, ressources naturelles, capital}. Soient $w_{k,i,r} + l_{k,i,r}$ le prix du facteur de type k , $\mu_{i,r}$, $L_{i,r}$ et $\zeta_{i,r}$ les paramètres de la fonction CES, on a alors :

$$(6) \quad A_{k,i,r} = g_{i,r}^{-\frac{m_{i,r}}{1+m_{i,r}}} u_k^{\frac{1}{1+m_{i,r}}} \left(\frac{W_{k,i,r} + L_{k,i,r}}{PVA_{i,r}} \right)^{\frac{-1}{1+m_{i,r}}} VA_{i,r}$$

$$(7) \quad PVA_i = \frac{1}{g_{i,r}} \left[\sum_k u_k^{\frac{1}{1+m_{i,r}}} (W_{k,i,r} + L_{k,i,r})^{\frac{m_{i,r}}{m_{i,r}+1}} \right]^{\frac{m_{i,r}+1}{m_{i,r}}}$$

2.4.2 Prix et marchés des facteurs

Sur l'ensemble des facteurs de productions disponibles dans l'économie, on considère que certains ont des prix endogènes (le capital, le travail non qualifié, la terre et les ressources naturelles) déterminés par l'égalisation entre la demande et l'offre de facteurs dans l'économie alors que d'autres (le travail qualifié) ont un prix exogène fixé, ce qui peut faire apparaître la possibilité de chômage. Dans ce deuxième cas, cependant, il s'agit en fait d'une rigidité à la baisse du prix du facteur considéré : en effet dans le cas où le facteur disponible n'est pas suffisant, un *shadow price* vient s'ajouter au prix minimum, qui traduit le prix que les producteurs seraient prêts à payer pour disposer de plus de travail qualifié.

En outre, les conditions de mobilité des facteurs sont particulières à chaque type :

- le capital investi est fixe entre les secteurs de production ;
- la main d'œuvre non qualifiée est partiellement mobile entre les secteurs : on distingue ainsi (i) une main d'œuvre non qualifiée de type agricole, mobile entre les 5 secteurs agricoles mais immobiles avec les autres secteurs (ii) pour tous les secteurs non agricoles, la main d'œuvre est fixe par secteur ;
- la terre et les ressources naturelles et la main d'œuvre qualifiée sont partiellement mobiles : elles sont immobiles entre les secteurs agricoles et les autres secteurs (industries et services) mais mobile à l'intérieur de ces deux catégories.

Soient :

as : le sous ensemble des secteurs agricoles {paddy, grains, autres cultures, productions animales, forêts}

ms : le sous ensemble des secteurs industriels {industries agroalimentaires, manufactures, énergie ressources}

os : le sous ensemble des autres secteurs {services}

$SA_{k,i,r}$: l'offre de facteur k de type i disponible

$SA_{k,as,r}$: l'offre de facteur k de type agricole disponible

$SA_{k,ms,r}$: l'offre de facteur k de type industriel disponible

$SA_{k,os,r}$: l'offre de facteur k de type « autres secteurs » disponible

2.4.2.1. Cas des facteurs à prix endogènes

Dans ce premier cas, l'égalisation de l'offre et de la demande de facteur détermine son prix d'équilibre w .

a. Cas du capital

| | |
|-------------|--------------------------|
| (8a) | $A_{k,i,r} = SA_{k,i,r}$ |
|-------------|--------------------------|

b. Cas du travail non qualifié

| | |
|-------------|---|
| (8b) | $G_{i,i,as} A_{k,i,r} = SA_{k,as,r}$ et pour $i \neq as$ $A_{k,i,r} = SA_{k,i,r}$ |
|-------------|---|

c. Cas de la terre et des ressources naturelles

| | |
|-------------|--|
| (8c) | $G_{i,i,as} A_{k,i,r} = SA_{k,as,r}$ et $G_{i,i,ms} A_{k,i,r} = SA_{k,ms,r}$ et $G_{i,i,os} A_{k,i,r} = SA_{k,os,r}$ |
|-------------|--|

2.4.2.2. Cas des facteurs à prix exogènes : le travail qualifié

| | |
|-------------|---|
| (8d) | $G_{i,i,as} A_{k,i,r} \neq SA_{k,as,r}$ et $G_{i,i,ms} A_{k,i,r} \neq SA_{k,ms,r}$ et $G_{i,i,os} A_{k,i,r} \neq SA_{k,os,r}$ |
|-------------|---|

Dans ce dernier cas, lorsque la contrainte n'est pas saturée, la valeur duale associée à chaque équation peut être nulle : il y a sous emploi (endogène) et le prix du facteur est égal à sa valeur fixée de manière exogène w . Lorsque la contrainte est saturée, il y a plein emploi et le prix du facteur est égal à $w + \theta$, θ étant la valeur duale associée à la contrainte.

2.4.3. Revenus, épargne et demande des ménages

2.4.3.1. Revenus

Les revenus des ménages h , $Y_{h,r}$, proviennent de leur dotation en facteurs de production. On distingue deux types de ménages, les riches et les pauvres, lesquels sont caractérisés par des dotations en facteur k , $endow_{k,h,r}$. Les revenus ne sont pas tous distribués simultanément : comme il existe un décalage entre les décisions de production et de vente sur le marché, le prix auquel le producteur va vendre sa production ne sera pas forcément égal au prix qu'il a anticipé. On considère que cette erreur d'anticipation se répercute sur les revenus de certains facteurs, qui sont distribués avec une période de décalage. En outre, les revenus de la terre et des ressources naturelles sont également décalés d'une période. Soient, k_1 les facteurs dont les revenus sont distribués immédiatement, $tf_{k,r}$, les taxes du gouvernement sur les revenus des facteurs et $yft_{1,h,r}$ les revenus de l'année précédente. On a donc:

$$(9) \quad Y_{h,r} = \sum_{k1} \text{endow}_{k1,h,r} \sum_i (W_{k1,i,r} + I_{k1,i,r}) * A_{k1,i,r} + yft - 1_{h,r}$$

2.4.3.2. Epargne

Les ménages épargnent une partie fixe de leur revenu $mps_{h,r}$. Soit $hhsav_{h,r}$, l'épargne des ménages, on a :

$$(10) \quad HHSAV_{h,r} = mps_{h,r} Y_{h,r}$$

2.4.3.3 Demande finale

Après avoir épargné une partie de leur revenu, les ménages utilisent leur budget pour consommer des biens. On considère un système linéaire de dépense, LES, qui permet de prendre en considération une élasticité revenu spécifique à chaque type de bien : on sait par exemple que la demande alimentaire est souvent moins sensible aux changements de revenus que la demande des produits non alimentaires. Les fonctions de demande LES sont composées de deux éléments : la consommation minimum et une part constante de « revenu supplémentaire », qui est le revenu restant après les dépenses de consommation minimum.

Le gouvernement prélève des taxes sur la consommation de bien, $tc_{i,r}$. Soient $p_{i,r}$, le prix payé par les ménages pour consommer le bien i , $hhdem_{h,i,r}$ la demande en bien i du ménage h , $consmi_{h,i,r}$ sa consommation minimum et $conspar_{h,i,r}$ la propension marginale à consommer pour le bien i , le programme du consommateur (cf annexe 1 éventuellement) permet de déterminer la demande :

$$(12) \quad HHDEM_{h,i,r} = consmi_{h,i,r} + conspar_{h,i,r} \left((1 - mps_{h,r}) Y_{h,r} - \sum_i P_{i,r} * (1 + tc_{i,r}) * consmi_{h,i,r} \right)$$

2.5.1. Les revenus et la demande du gouvernement

2.5.4.1. Revenus du gouvernement

Les revenus du gouvernement proviennent des différentes taxes (subventions lorsqu'elles sont négatives) qu'ils prélèvent :

- sur la consommation de biens i des ménages et du gouvernement, $tc_{i,h,r}$ et $tc_{g,i,r}$,
- sur les investissements $ti_{i,r}$,
- sur les consommations intermédiaires, $tinp_{i,j,r}$,
- sur les revenus des facteurs de productions distribués immédiatement, $tf_{k1,r}$,
- sur la production, $-to_{i,r}$,
- sur les importations et les exportations, $tm_{i,r,rr}$ et $te_{i,r,rr}$ (cf section 3.2.5).

En appelant gr_r le revenu du gouvernement dans le pays r , $govdem_{i,r}$ la demande en bien i du gouvernement, $invt_1_{i,r}$ la demande d'investissement en bien i de l'année précédente, xdt_1_i la production en bien i de l'année précédente, $M_{i,r,rr}$ les importations de bien i du pays r en provenance du pays rr , $M_{i,rr,r}$ les exportations de bien i du pays r vers le pays rr , et $p_{i,r}$ le prix du bien composite demandé, on a :

$$(13) \quad GR_r = \sum_{i,h} p_{i,r} * tc_{i,h,r} * hhdem_{h,i,r} + \sum_i p_{i,r} * tcg_{i,r} * govdem_{i,r} + \sum_i p_{i,r} * ti_{i,r} * invt_1_{i,r} \\ + \sum_{i,j} p_{j,r} * tinp_{i,j,r} * DI_{i,j,r} + \sum_{kl} (w_{kl,r} + I_{kl,r}) * tf_{kl,r} * \sum_i A_{kl,i,r} - \sum_i pd_{i,r} * to_{i,r} * xdt_1_{i,r} \\ + \sum_{i,rr} pmo_{i,r,rr} * ert_1_r * tm_{i,r,rr} * M_{i,r,rr} + \sum_{i,rr} pd_{i,r} * ert_1_r * te_{i,r,rr} * M_{i,rr,r} + govt_1_r$$

Pour les facteurs de production dont les revenus sont décalés d'une période, les taxes du gouvernement sont également décalées d'une période et se retrouvent dans $govt_1$ (cf bouclage récursif).

2.5.4.2 Les dépenses du gouvernement

Le gouvernement utilise ses recettes nettes pour consommer un certain nombre de biens dans l'économie. On suppose que la part en valeur de la dépense pour chaque bien est fixée à la valeur initiale de la matrice de comptabilité sociale. Soient $govdem_{i,r}$ la demande en bien i du gouvernement, $gles_{i,r}$ la part des dépenses attribuée au bien i , on a

$$(14) \quad p_{i,r} * (1 + tcg_{i,r}) * GOVDEM_{i,r} = gles_{i,r} GR_r$$

et, bien sûr :

$$(15) \quad GR_r = \sum_i P_{i,r} * (1 + tcg_{i,r}) * GOVDEM_{i,r}$$

2.5.5. Le commerce international et la formation des prix des produits

2.5.5.1. Les exportations

L'offre des producteurs peut être vendue sur le marché domestique ou sur le marché international. On considère qu'il n'y a pas de différenciation entre les biens exportés et les biens vendus sur le marché domestique. Il existe par contre des taxes ou des subventions sur les exportations dans certains pays : ces taxes, $te_{i,r,rr}$, sont spécifiques à la destination des exportations. En appelant $pmo_{i,r,rr}$, le prix mondial des exportations du pays rr vers le pays r et ert_1_r le taux de change du pays rr par rapport au dollars on a :

$$(16) \quad PMO_{i,r,rr} = PD_{i,r} (1 + te_{i,r,rr}) ert_1_r$$

et

$$(17) \quad XDT_{-1,i,rr} = XXD_{i,rr} + \sum_r M_{i,r,rr}$$

avec $XDt_{-1,i,rr}$ la production du pays rr de l'année précédente et $XXD_{i,rr}$ les ventes domestiques du pays rr .

2.5.5.2 Les importations

La demande totale $X_{i,r}$ de bien i dans le pays r est égale à la somme des demandes intermédiaires, des ménages, du gouvernement, et d'investissement :

$$(18) \quad X_{i,r} = \sum_j DI_{j,i,r} + \sum_h HHDEM_{h,i,r} + GOVDEM_{i,r} + invt_{-1,i,r}$$

Cette demande peut être satisfaite par les ventes de la production nationale $XXD_{i,r}$ et par les importations $XM_{i,r}$. On suppose que les biens importés et les biens domestiques sont différenciés et que chaque pays cherche à minimiser le coût de sa demande. On se réfère donc à une hypothèse de type Armington classique pour traiter le commerce international, qui, bien que très imparfaite constitue une première manière simple de traiter la question. Cette hypothèse devrait être améliorée dans des versions ultérieures du modèle.

a. Différenciation entre la production nationale et les importations agrégées.

A un premier niveau, on suppose que la demande domestique totale de chaque économie $X_{i,r}$ est une fonction CES de la production nationale qui n'est pas exportée, $XXD_{i,r}$, et d'un bien composite importé $XM_{i,r}$. Soient $pm_{i,r}$ le prix du bien composite agrégé, $@_{i,r}$ l'élasticité de substitution entre le produit venant de la production nationale et le bien composite importé, $*_{i,r}$ et $R_{i,r}$ les paramètres de la CES, le programme pour chaque nation peut s'écrire :

$$\text{Min } p_{i,r} * X_{i,r} = pm_{i,r} * XM_{i,r} + pd_{i,r} * XXD_{i,r}$$

$$\text{Avec } X_{i,r} = R_{i,r} * [*_{i,r} * XM_{i,r}^{-@_{i,r}} + (1 - *_{i,r}) * XXD_{i,r}^{-@_{i,r}}]^{-1/@_{i,r}}$$

Les équations pour le traitement de ce premier niveau des importations sont alors :

$$(19) \quad P_{i,r} = \frac{1}{y_{i,r}} \left[(1 - d_{i,r})^{1/1+@_{i,r}} PD_{i,r}^{o_{i,r}/1+@_{i,r}} + d_{i,r}^{1/1+@_{i,r}} PM_{i,r}^{o_{i,r}/1+@_{i,r}} \right]^{1+@_{i,r}/o_{i,r}}$$

$$(20) \quad \frac{XM_{i,r}}{XXD_{i,r}} = \left(\frac{d_{i,r}}{1 - d_{i,r}} \right)^{1/1+@_{i,r}} \left(\frac{PD_{i,r}}{PM_{i,r}} \right)^{1/1+@_{i,r}}$$

$$(21) \quad P_{i,r} X_{i,r} = PD_{i,r} XXD_{i,r} + PM_{i,r} XM_{i,r}$$

b. Différenciation du bien composite importé selon l'origine des importations

A un second niveau, on suppose de manière similaire que le bien composite importé $XM_{i,r}$ du pays r est une fonction CES des importations de chaque pays rr , $M_{i,r,rr}$ (qui sont égales aux exportations du pays rr vers le pays r). Soient $tmarg_{i,r,rr}$ le coût de transport des importations du pays r venant du pays rr , $tm_{i,r,rr}$ les taxes sur les importations du pays rr en provenance du pays r , $T_{i,r}$ l'élasticité de substitution entre les importations par origine, $\alpha_{i,r}$ et $\beta_{i,r}$ les paramètres de la CES, les équations pour ce deuxième niveau de traitement des importations sont :

$$(22) \quad XM_{i,r} = \alpha_{i,r} \left(\sum_{rr} \beta_{i,r,rr} M_{i,r,rr}^{-w_{i,r}} \right)^{-1/w_{i,r}}$$

$$(23) \quad M_{i,r,rr} = \alpha_{i,r}^{-w_{i,r}/(1+w_{i,r})} \beta_{i,r,rr}^{1/(1+w_{i,r})} \left(\frac{PM_{i,r}}{PMO_{i,r,rr} * ert_{-1,r} * (1 + tmarg_{i,r,rr}) * (1 + tm_{i,r,rr})} \right)^{1/(1+w_{i,r})} XM_{i,r}$$

Le commerce entre les pays occasionne un frais de transport⁷ : celui-ci apparaît dans les matrices de comptabilité sociale comme un coût supplémentaire qui vient s'ajouter aux dépenses d'importations. Les revenus de cette activité de transport international sont regroupés au niveau mondial et dépensés sous forme de demande en service dans chaque économie. La part – $Fret_r$ – qui permet de répartir cette dépense entre chaque pays est déterminée par les données initiales et fixée pour toutes les simulations. Soit $Dfret_r$ la demande en service au sein du pays r provenant du commerce international entre les pays, on a :

$$(24) \quad Dfret_r = Fret_r * E_i * E_{r,rr} * tmarg_{i,r,rr} * pmo_{i,r,rr} * ert_{-1,r} * M_{i,r,rr}$$

Cette demande $Dfret_r$ vient s'ajouter à la demande du bien composite service dans l'équation (17).

2.5.6 Equilibre domestique et fermeture

L'offre de produit i de l'année dernière s'équilibre avec la demande domestique et la somme des importations des autres pays, ce qui détermine le prix d'équilibre pour chaque année du bien i dans chaque pays. Dans le cas des activités pour lesquelles on suppose qu'il n'y a pas de décalage entre les décisions de productions et de mise sur le marché, c'est bien sûr la production de la même année qui s'équilibre alors.

$$(25) \quad XDT_{-i,r} = XXD_{i,r} + \sum_{rr} M_{i,r,rr}$$

⁷ Le traitement du transport est directement issu des hypothèses de GTAP

L'épargne totale de chaque économie $Saving_{i,r}$ est égale à l'épargne des ménages plus la somme de l'épargne étrangère : elle détermine le volume d'investissement disponible pour la période suivante. La balance commerciale, $TRADBAL_r$ égale à l'épargne totale étrangère pour chaque pays, est endogène et le taux de change est fixé de manière exogène pour toutes les simulations. La variable d'équilibre de la balance commerciale détermine donc le flux d'investissement étranger dans chaque pays, SF_r .

$$(26) \quad TRADBAL_r = \sum_{rr,i} M_{i,rr,r} PD_{i,r} (1 + TE_{i,r,rr}) - \sum_{rr,i} M_{i,r,rr} PMO_{i,r,rr} ert_{-1}$$

$$(27) \quad TRADBAL_r = -SF_r$$

$$(28) \quad SAVING_r = \sum_h HHSAV_{h,r} + SF_r$$

B MODULE CAPITAL et BOUCLAGE RECURSIF

Le module d'équilibre général précédent permet de déterminer les variables endogènes en fonction de paramètres exogènes qui sont modifiés années après années dans le bouclage récursif – PT_1 , $Varp$, Yft_1 , $Invt_1$, $govt_1$, XDt_1 - et d'une offre en capital dans chaque secteur. L'offre de capital dans chaque secteur est modifiée période après période grâce au module capital, qui permet d'allouer l'épargne totale de chaque pays entre chaque secteur (cf 3.2.7.2.).

2.5.6.1. 1^{er} bouclage récursif : détermination des revenus réels des capitaux

Durant la période t , les producteurs anticipent un prix $Pt_{-1,i,r}$ et une variance de prix $varp_{i,r}$, ce qui détermine leur offre $XD_{i,r,t}$. Celle-ci est mise sur le marché en période $t+1$ et elle est vendue au prix d'équilibre $pd_{i,r,t+1}$. Il se peut que ce prix d'équilibre soit différent du prix anticipé $Pt_{-1,i,r}$: on considère que cette erreur d'anticipations se répercute sur les revenus des capitaux dans chaque secteur. Soit $Rreturn_{i,t}$ le revenu réel des capitaux dans le secteur i pour l'année T , on a :

$$(29) \quad Rreturn_{i,r,t} = \frac{(Pd_{i,r,t+1} (1+to_{i,r}) XD_{i,r,t} - E_j p_{j,r,t} (1+ tinp_{i,j,r}) * DI_{i,j,r,t} - E_{kl} (w_{k1,i,r,t} + \delta_{k1,i,r,t}) * A_{k1,i,r,t})}{A_{capital,i,r,t}}$$

2.5.6.2 - Module capital

En période t , la résolution du premier module permet de déterminer une épargne totale disponible dans chaque économie, $SAVING_{r,t}$. On considère que les détenteurs de ces capitaux choisissent les secteurs dans lesquels ils vont investir en fonction de la rentabilité anticipée de ceux-ci. De la même manière que pour les producteurs, on suppose que ceux-ci ont une aversion pour le risque, déterminée par le paramètre $avers_r$. Pour chaque année, ils peuvent observer la rentabilité réelle des capitaux par secteur $Rreturn_{i,r,t}$ ainsi que la variance de celle-ci année après année soit $(Rreturn_{i,r,t} - Rreturn_{i,r,t-1})^2$. Les détenteurs de capitaux peuvent également ne pas investir toute l'épargne disponible et la garder en liquidités,

$CASH_{r,t}$, qui est assimilable à un investissement dans une activité de rentabilité nulle et de variance nulle.

Le module capital est donc composé deux équations : une fonction objectif et une contrainte de disponibilité en capitaux à investir. Soit, en appelant $Asset_{i,r,t}$ les capitaux investis dans la branche i :

$$(30) \quad \text{Max } (1+Rreturn_{i,r,t}) * Asset_{i,r,t} + CASH_{r,t} - \frac{1}{2} \text{avers}_r * (Rreturn_{i,r,t} - Rreturn_{i,r,t-1})^2$$

Et

$$(31) \quad E_i Asset_{i,r,t} + CASH_{r,t} = SAVING_{r,t}$$

2.5.6.3 2^{ème} Bouclage récursif

Les investissements dans chaque branche permettent de déterminer l'offre de capital disponible par secteur pour la période suivante, module 1. On considère que le capital existant se déprécie d'une année sur l'autre à un taux fixée de manière exogène $depr_r$. On a alors :

$$(32) \quad SA_{capital,i,r,t+1} = SA_{capital,i,r,t-1} (1 - depr_r) + Asset_{i,r,t}$$

La demande de biens d'investissement par secteur est déterminée comme une part fixe du volume total d'investissement. Soit $invpar_{i,r}$ cette part, on a :

$$(33) \quad Invt_1_{i,r,t+1} = invpar_i * E_i Asset_{i,r,t}$$

Les revenus des ménages décalés d'une période sont égaux aux revenus réels des capitaux plus l'épargne non investi, plus les revenus des autres facteurs décalés dans le temps. Soient $K2 = \{terre, ressources naturelles\}$:

$$(34) \quad Yft_1_{h,r,t+1} = endow_{capital,h,r,t} * E_i Rreturn_{i,r,t} * (1 - tf_{capital,r}) * A_{k2,i,r,t} + CASH_{r,t} \\ + E_{k2} endow_{k2,h,r} * (1 - tf_{k2,r}) * E_i (w_{k2,i,r,t} + \theta_{k2,i,r,t}) * A_{k2,i,r,t}$$

Les revenus du gouvernement décalés d'une période sont égaux aux taxes sur les revenus réels des facteurs dont les revenus sont décalés dans le temps :

$$(35) \quad Govt_1_{r,t+1} = tf_{capital,r} * endow_{capital,h,r,t} * E_i Rreturn_{i,r,t} * (1 - tf_{capital,r}) * A_{k2,i,r,t} \\ + E_{k2} endow_{k2,h,r} * tf_{k2,r} * E_i (w_{k2,i,r,t} + \theta_{k2,i,r,t}) * A_{k2,i,r,t}$$

Les anticipations de l'espérance et de la variance du prix de chaque période sont révisées en fonction des résultats de la période précédente. Soit, dans le cas des anticipations naïves :

$$(36) \quad Pt_1_{i,r,t+1} = Pd_{i,r,t} \quad \text{et} \quad (37) \quad Varp_{i,r,t+1} = (Pt_1_{i,r,t} - Pt_1_{i,r,t-1})$$

Plusieurs types d'anticipations peuvent être envisagés, et ce point est assez fondamental. Ici nous avons pris des anticipations « constantes », mais il est évident que cette règle sera à revoir dans les versions ultérieures du modèle.

Enfin, l'offre de chaque produit est égale au volume produit durant la période précédente :

$$(38) \quad XD_{t-1,i,r,t+1} = XD_{i,r,t}$$

Enfin, année après année la population et la main d'œuvre augmente à des taux fixés de manière exogène, respectivement $popgrowth_{h,r}$ et $Labgrowth_r$ on a donc

$$(39) \quad consmin_{h,i,r,t+1} = (1 + popgrowth_{h,r}) * consmin_{h,i,r,t}$$

$$(40) \quad SAK_{k,r,t+1} = (1 + labgrowth_{k,r}) * SAK_{k,r,t} \quad k \in O \{\text{travail qualifié et non qualifié}\}$$

Chapitre III- Les données

Dans un exercice tel que celui qui est décrit ici, les données ont une double fonction : d'un côté, elles servent à associer des valeurs numériques réelles aux paramètres du modèle. De l'autre, elles servent aussi de points de comparaison, pour vérifier que les résultats correspondent bien à quelque chose « qui ressemble à la réalité » (faute de quoi, l'exercice serait évidemment vain !). Les deux séries de données sont bien entendues différentes. Mais elles ont en commun d'être est tout aussi difficile à trouver les unes que les autres.

3.1- les données socio-économiques.

Deux objectifs différents sont assignés à la collecte de ces données :

- collecter les variables nécessaires à la représentation de la dynamique du modèle ;
- valider les résultats du modèles en comparant les variables de sorties aux statistiques internationales.

Ces deux aspects seront étudiés successivement. On donnera dans cette section, quelques graphiques afin d'illustrer notre propos, les données complètes étant disponibles sur demande aux auteurs du rapport. C'est un souci de réalisme et la nécessité de valider notre modèle qui nous a amené à entreprendre le travail statistique décrit ici. Malheureusement, bien souvent on ne trouve pas dans les statistiques internationales, les données les mieux adaptées à cet exercice. Nous avons donc essayé de proposer d'autres indicateurs afin de contourner la difficulté sans trahir notre objectif.

3.1.1 la dynamique du modèle

Les données GTAP, utilisées pour réaliser ce modèle, ne concernent qu'une seule année, appelée « année de base » et pour laquelle une photographie instantanée de l'économie mondiale est offerte. Comme l'outil que nous avons conçu est dynamique et récursif, il est nécessaire de donner une dimension chronologique, aussi bien aux données qu'aux résultats. Cela exige de collecter un certain nombre d'information sur l'évolution année après année des différentes variables.

Les statistiques démographiques sont utilisées pour représenter la croissance de la population. Celle-ci est considérée comme exogène, on applique donc un taux de croissance, issu des statistiques internationales, et on ne tient pas compte du fait que celle-ci dépend en réalité du niveau de revenu. La croissance générale de la population est utilisée dans les fonctions de demande, afin que les consommations minima prennent en compte ce phénomène, tandis que la croissance de la population active est utilisée pour permettre l'accroissement de la main d'œuvre disponible, qualifiée et non qualifiée. Là encore, on suppose qu'il s'agit de variables exogènes et on applique un taux uniforme aux facteurs « travail qualifié » et travail « non qualifié ».

Afin d'avoir une idée générale de l'évolution des économies en dynamique, les statistiques du PIB des différentes régions offrent un indicateur synthétique des performances économiques globales des différents pays. Au cours de la décennie 1990, des performances remarquables ont été réalisées par la région Asie du Sud Est et Chine, les autres régions ayant eu une croissance beaucoup plus faibles, voir une stagnation. La crise financière asiatique, déclenchée par une panique sur le marché Thai lors de l'été 1997, affecte fortement les

performances de la région Asie du Sud-Est et l'ensemble de la croissance mondiale se trouve infléchi, la Chine faisant exception.

Un déterminant essentiel de la croissance économique est la productivité des différents facteurs de production. Celle-ci est partiellement déterminée par le progrès technique et par l'investissement. Cette dernière variable joue ainsi un rôle majeur dans la croissance économique réelle comme dans le modèle. L'idéal pour notre objectif, aurait été de trouver des statistiques internationales concernant la productivité des différents facteurs utilisés dans la production, et le niveau d'investissement, par secteur et par régions du monde. Malheureusement on ne trouve pas ces variables par secteur dans les statistiques internationales. Il faut donc se contenter d'évaluer le niveau d'investissement de façon agrégée sur l'ensemble de l'économie à travers l'analyse de la FCBF (formation brute de capital fixe)⁸. Dans le modèle, l'investissement est directement déterminé par l'épargne, il apparaît donc comme une proportion fixe du PIB. Nous avons donc réalisé une série de graphique sur nos régions pour voir si cette hypothèse est vérifiée : c'est bien le cas dans l'ensemble⁹. Toutefois, dans la réalité comme dans le modèle, une partie de l'épargne domestique est destinée à des investissements étrangers, si bien que la relation entre PIB et FCBF n'a aucune raison d'être constante. C'est bien ce que l'on observe sur les graphiques (disponible sur demande aux auteurs).

3.1.2 Les données macro-économiques et la situation de référence

Afin d'évaluer, les performances du modèle, il est nécessaire de comparer les résultats du modèle et les variables réelles. Pour chacune des variables choisies, un travail d'agrégation et de mise en forme va être nécessaire, afin de rendre comparables les résultats et les statistiques réelles. Ce travail étant assez lourd, il s'agit de choisir quelques indicateurs clés, particulièrement significatifs à la fois pour l'évolution de l'économie mondiale, et les résultats du modèle.

A ce titre, la valeur ajoutée par grands secteurs d'activité (service, industrie, agriculture) présente plusieurs avantages. Elle permet d'évaluer à la fois l'aspect « niveau » de l'activité et « rémunération » des facteurs. Au niveau de chaque région, elle permet d'évaluer les secteurs qui tirent la croissance et donne ainsi des indications sur la répartition des investissements.

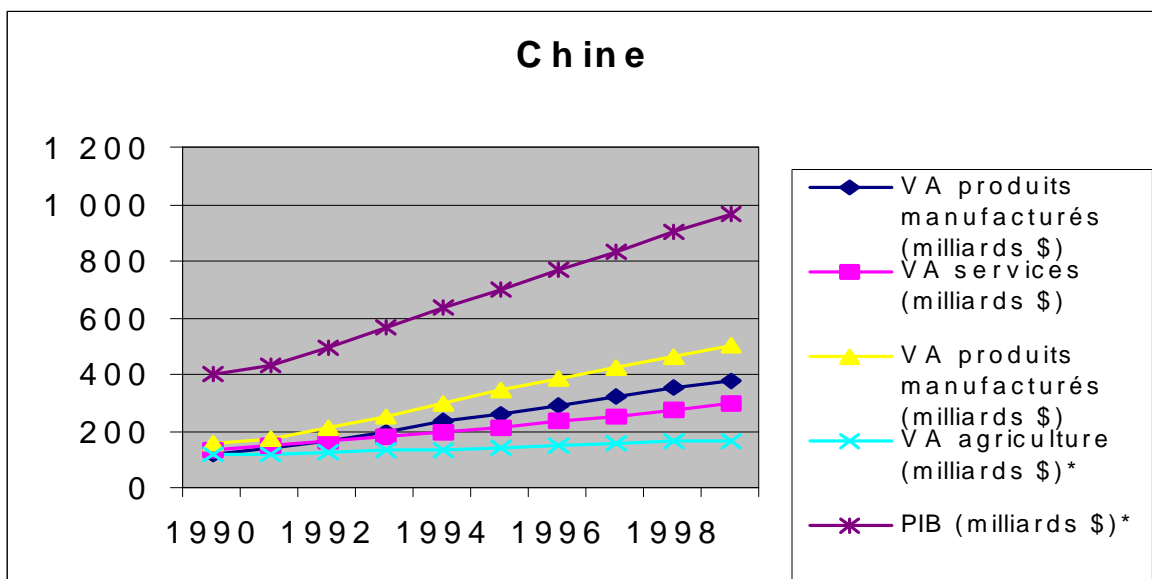
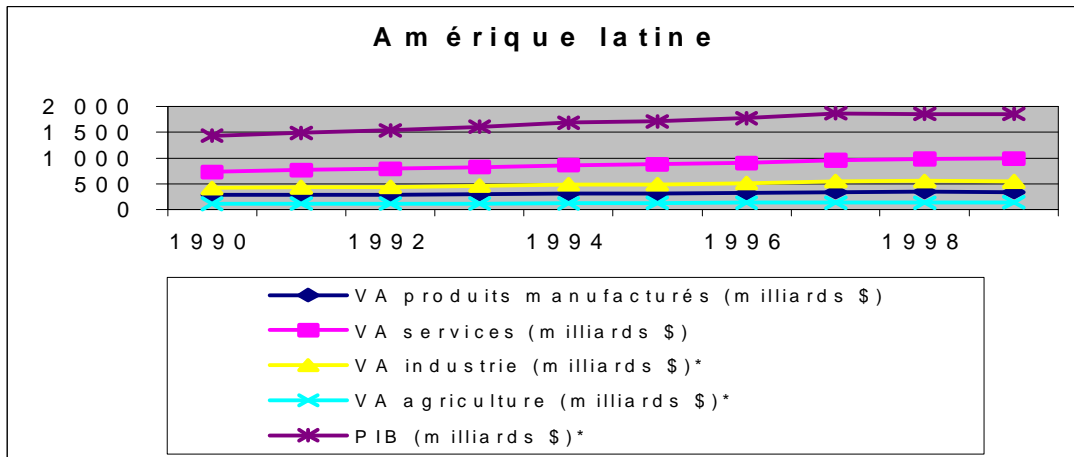
Ainsi, ce sont les services qui tirent la croissance en Amérique Latine, comme dans l'ensemble des pays développés.

En Chine par contre, c'est le secteur des industries manufacturières auquel peut être attribué les performances remarquables de la décennie 1990. Cette forte croissance de la valeur ajoutée s'accompagne d'une baisse du niveau de l'emploi.

⁸/ La FCBF représente l'ensemble des ressources utilisées pour le renouvellement du capital, et l'installation de nouveau capital. Elle est « brute », parce qu'elle inclut les « amortissements » -sans justement distinguer entre renouvellement et accroissement.

⁹/ Comme le sujet est sensible, il a fait couler beaucoup d'encre dans la littérature économique. Milton Friedman a obtenu le Prix Nobel en grande partie pour ses études statistiques sur la question. Nous n'avons pas l'intention ici de rivaliser avec Milton Friedman, mais il est important de vérifier que l'hypothèse assez arbitraire que nous avons faite sur ce point n'est pas trop éloignée de la réalité. Aussi bien, c'est largement celle de Milton Friedman...

Les valeurs ajoutées par grands secteur d'activité (primaire, secondaire, tertiaire) seront donc utilisées comme indicateur privilégié dans le calibrage de la situation de référence. Pour ce faire ces données ont été compilées, sur la décennie 90, pour chaque région du modèle¹⁰

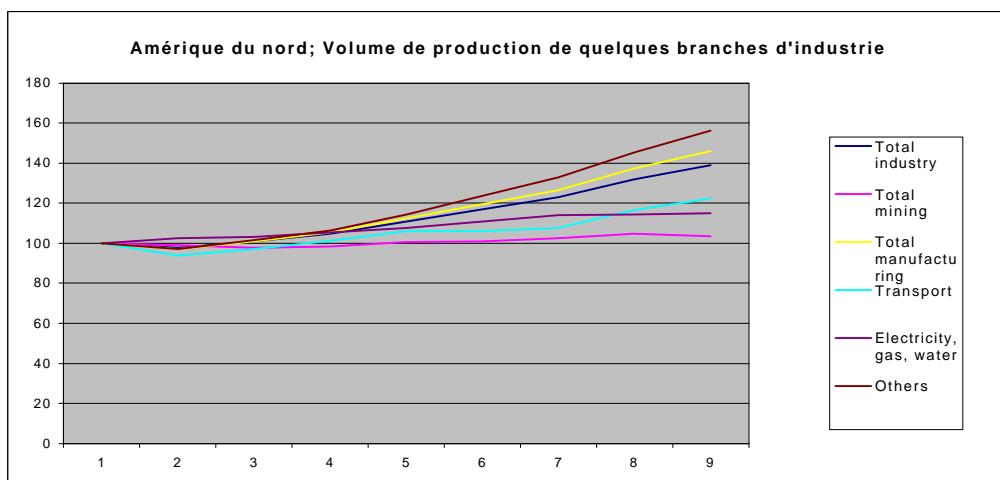


¹⁰ Disponibles sur demande aux auteurs du rapport

3.1.3 Le volume des branches d'activité

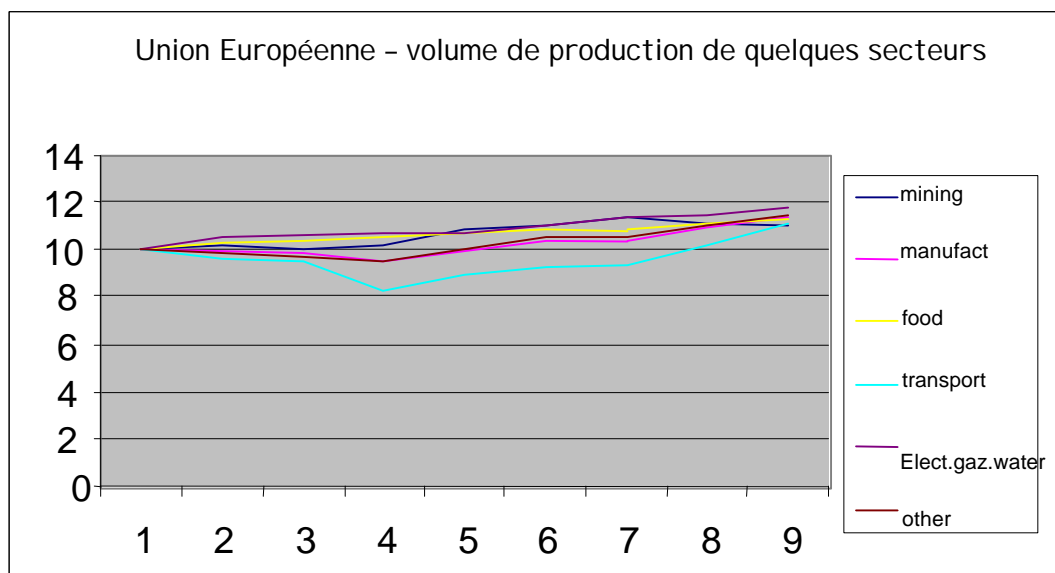
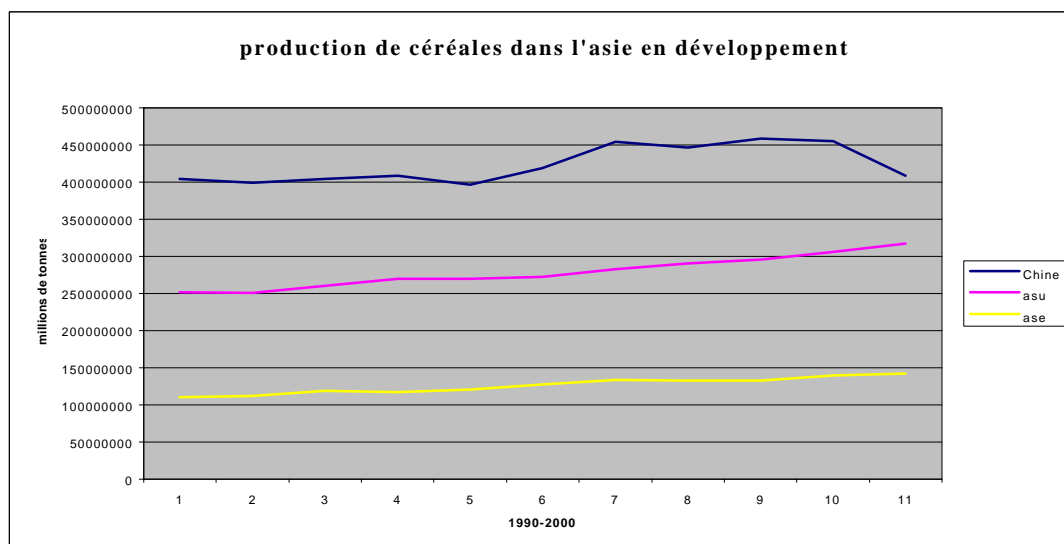
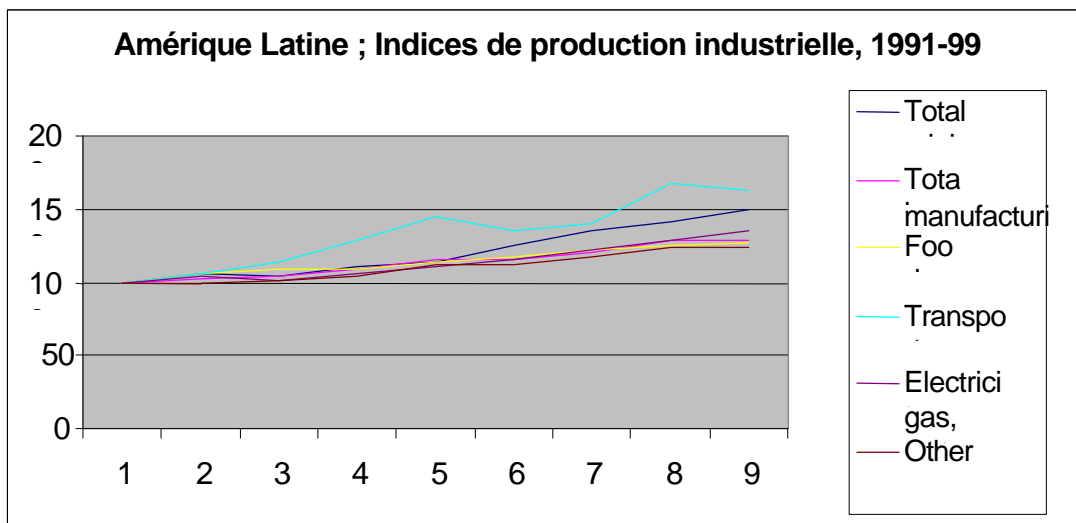
Il sera utile de compléter ce travail par l'analyse de la valeur et du volume de la production des différentes branches d'activité considérées dans le modèle. En effet, on aura ainsi des statistiques à un niveau d'agrégation moins important et il est possible que la grande stabilité –en dehors des catastrophes majeures, comme la crise asiatique- des valeurs ajoutées par grands secteurs d'activité –primaire, secondaire, tertiaire- masque une certaine instabilité au niveau des branches. Par ailleurs ce sont bien les évolutions de volumes, de produits agricoles en particulier, qui nous intéressent, vis à vis de l'analyse de la sécurité alimentaire des différentes régions du monde.

Malheureusement, ces données sont difficiles à compiler, car elles sont généralement fournies sous une forme assez différente de celle qui serait requise pour une comparaison avec les résultats de notre modèle. Pour bien faire, il nous aurait fallu des données « prix » et « quantités », regroupées selon les agrégats tant géographiques que « par branches d'activité » de notre modèle. Les données de quantité se trouvent, mais à des niveaux de désagrégation très différents de ceux que nous utilisons ici. Les données de prix sont inexistantes^{11/}. Les données de quantités sont rarement décontractées de la même manière que les nôtres. Comme il n'était pas prévu dans le programme de réaliser une vaste banque de données internationale, nous avons dû nous contenter de quelques « coups de projecteur », comme ceux qui sont indiqués ci-après (extraits de l'annuaire statistique de l'UNIDO, 2001).



^{11/} Non qu'il soit très difficile de trouver une multitude d'annuaires statistiques ou de fichiers sur le web donnant des indications de prix sur à peu près tout ce qu'il est concevable d'imaginer. Mais ces informations éparses ne constituent en rien la banque de données cohérente qui permettrait de comparer les résultats du modèle à la réalité.

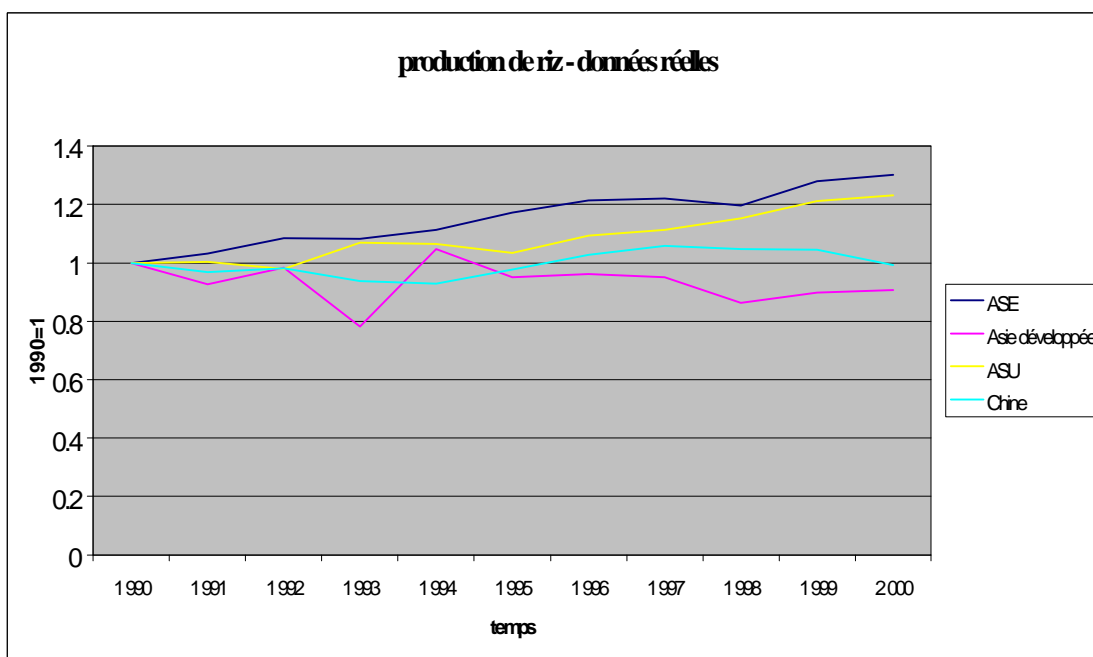
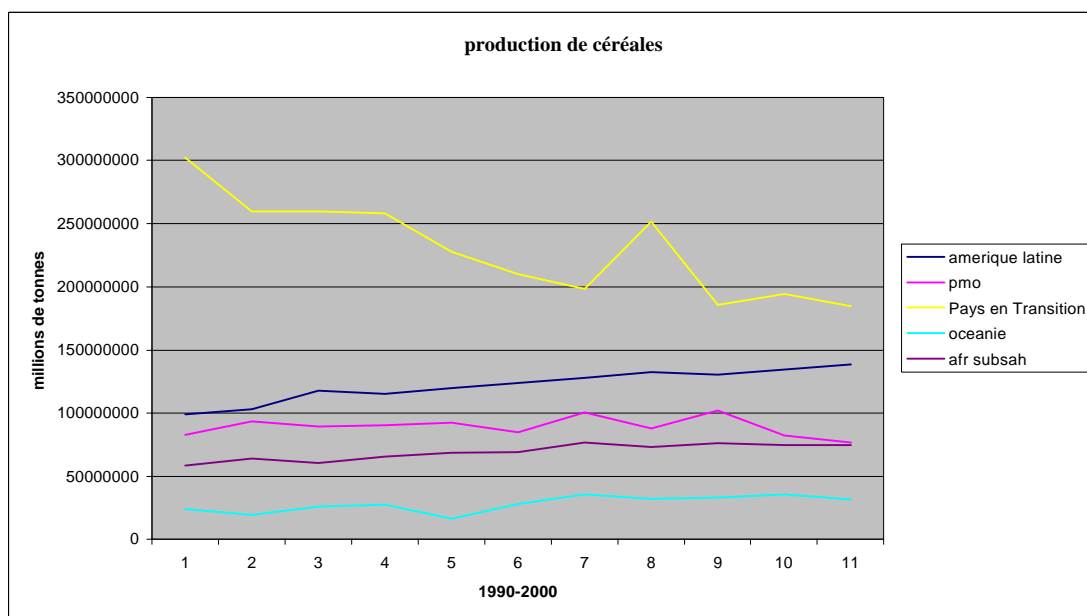
Ces graphiques serviront à comparer les estimations du modèle avec de « vrais » chiffres.

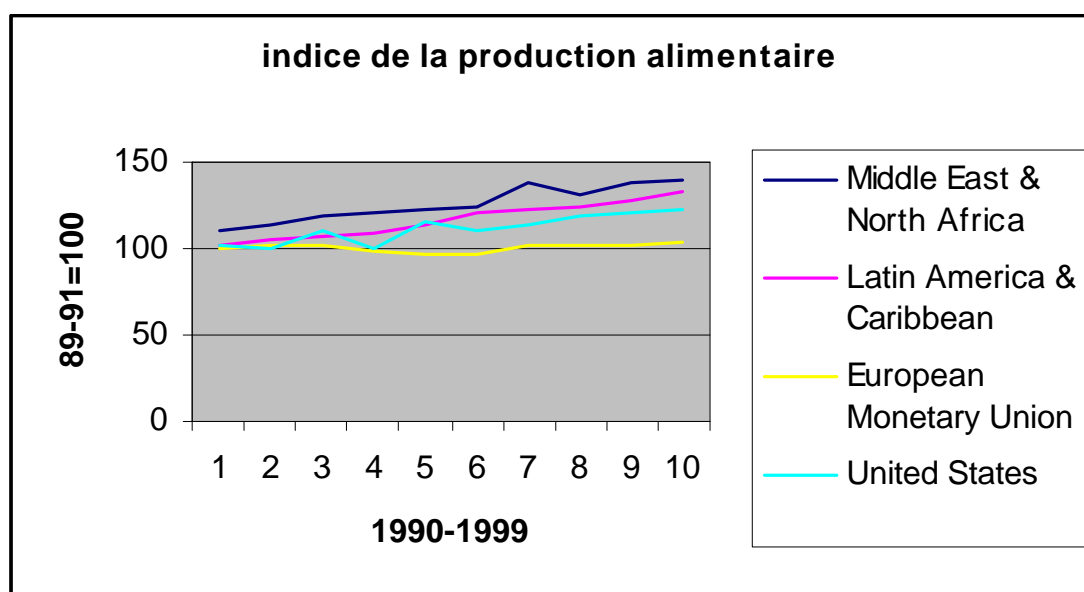
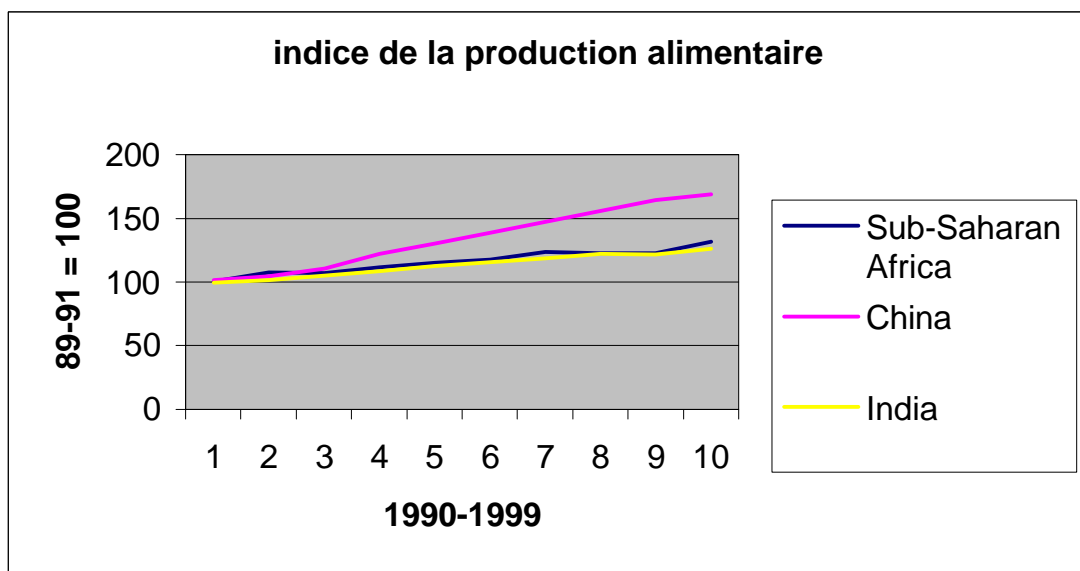
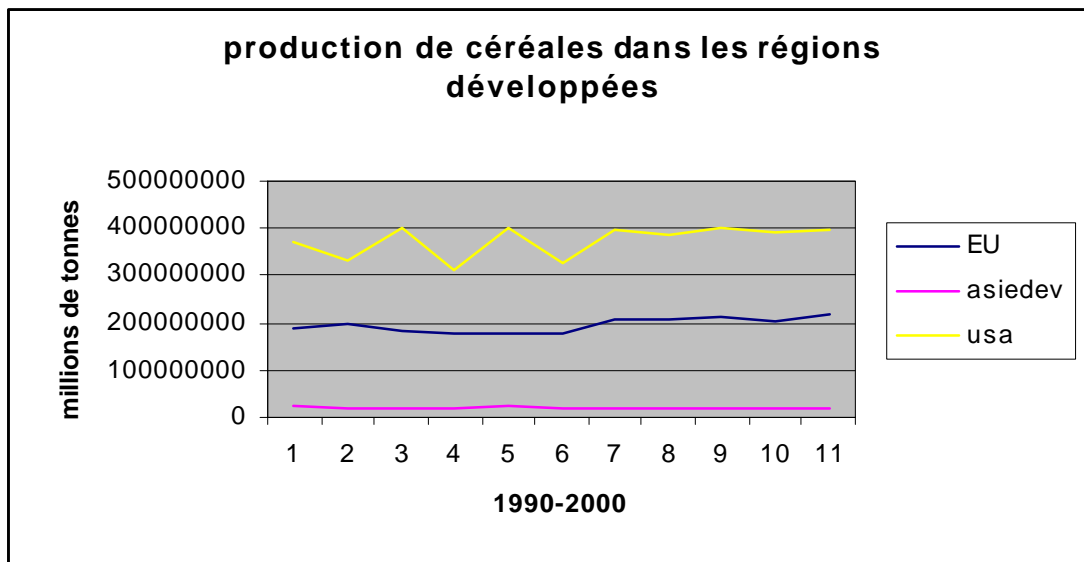


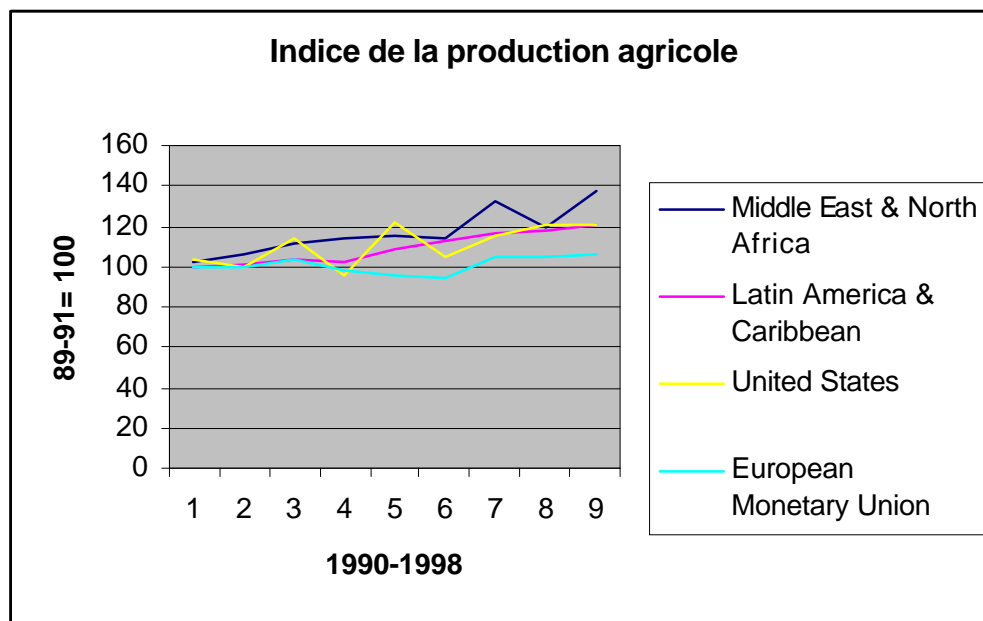
Par ailleurs, étant donné l'importance du secteur agricole dans le modèle, une recherche plus approfondie sur ce secteur a été réalisée. Là encore, un travail préliminaire de collecte des données, d'agrégation et de mise en forme est nécessaire pour pouvoir comparer les résultats du modèle et les statistiques réelles.

L'évolution du volume de la production agricole et alimentaire dans la décennie 1990, nous servira de référence pour l'analyse de la vraisemblance de nos résultats pour l'ensemble des séries touchant à la sécurité alimentaire et à l'évolution de la production agricole dans les différentes régions du monde représentées dans le modèle.

Les données sur la production de céréales sont issue de FAOSTAT, celle sur la production agricole et alimentaire de WDI







3. 2 L'Eau

Vues les difficultés de résolution associées à notre modèle (cf infra 3.1), nous ne souhaitons pas le compliquer encore pour l'instant, en rajoutant des contraintes en eau. Cependant, il nous a semblé que l'on ne pouvait pas prétendre sérieusement que l'on s'intéressait à la libéralisation des échanges et à leurs conséquences sur l'économie agricole mondiale, y compris les problèmes environnementaux qui pourraient en découler, sans prêter un minimum d'intérêt à cette ressource essentielle. Par ailleurs, on peut tout à fait, sans compliquer le modèle, vérifier après le calcul de la solution, que celle-ci ne se heurte pas à l'eau comme facteur limitant. Pour ce faire, il est nécessaire de collecter d'une part l'eau disponible pour les utilisations humaines, à l'échelle de nos régions et d'autre part, le niveau des consommations en eau par unité de production. Au stade de cette recherche, nous avons simplement entrepris de recenser les données utilisables sur la question et les problèmes posés par leur utilisation.

3.2.1 Les ressources

On cherche donc quel est le niveau de prélèvement maximum sans mettre en danger l'accès à cette ressource pour les générations futures (renouvellement des nappes etc...) Comme l'eau de pluie est une composante importante de ces ressources, et qu'elle est généralement inégalement répartie pendant l'année, la représentation des contraintes en eau pour la production agricole nécessiterait un découpage en saison de l'année. Par contre, puisque notre objectif est simplement dans un premier temps d'envisager dans quelles régions et à quel horizon, l'eau devient un facteur limitant pour les activités agricoles, l'estimation des ressources sur une base annuelle suffit. Deux sources différentes offrent une base de données correspondant à nos besoins. La comparaison des valeurs fait apparaître quelques divergences soulignant la difficulté à estimer les ressources en eau de façon précise. Cependant, les données apparaissent globalement cohérentes.

| Ressources en eau internes renouvelables (en km3) | Données du WRI | Données de la FAO | Données de l'USGS | Différence (en %) |
|---|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Asie | 12 568 | 11592 | | 7,8 |
| Afrique | 3996 | 3991 | | 0,1 |
| Maghreb | 48 | 48 | | 0,8 |
| Ex URSS | 4664 | 4730 | | 1,4 |

TABLEAU 1 : Les ressources en eau agrégées en 12 régions à partir des données WRI

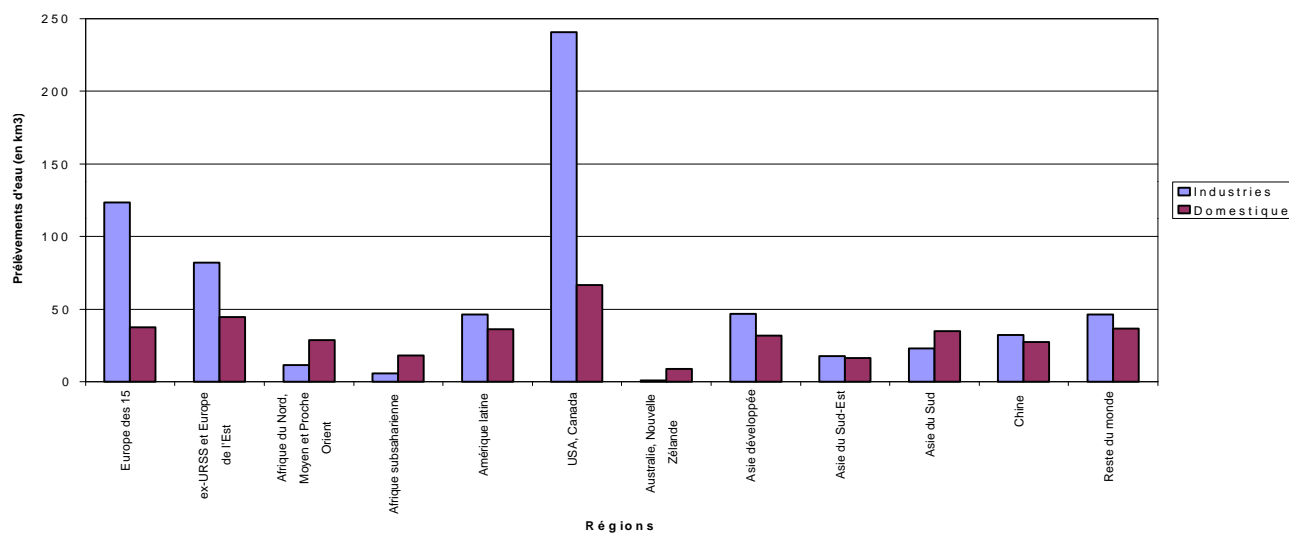
| Régions | Ressources en eau annuelles, internes, renouvelables et potentielles (km ³) |
|---|---|
| Europe des 15 | 1 118,55 |
| Ex-URSS, Europe de l'Est | 4 919,45 |
| Moyen-Orient, Afrique du Nord | 1 678,81 |
| Afrique subsaharienne | 3 826,94 |
| Amérique latine | 10 582,67 |
| USA, Canada | 5 308,60 |
| Australie, Nouvelle Zélande | 670,00 |
| Asie développée (sans Taiwan ni Hongkong) | 680,72 |
| Asie du Sud-est | 3 795,00 |
| Asie du Sud | 4 145,90 |
| Chine | 2 800,00 |
| Reste du monde | 1 134,15 |

Source : Nicolas Mounier, à partir de la base du WRI, 1996

Le problème principal avec ces données et qu'il s'agit de ressources potentielles, plus ou moins accessibles selon le développement des infrastructures et le prix que l'on est prêt à payer notamment. Il est donc nécessaire d'ajouter un coefficient, sur lequel nous n'avons pu trouver d'estimation précise mais qui exprimerait le fait que seule une partie des valeurs du tableau représente la ressource réellement mobilisable avec les technologies actuelles.

3.2.3 Les Utilisations

Le tableau des données disponibles et de leur fiabilité est encore plus sombre pour les utilisations. On trouve de très large fourchette d'estimation pour les consommations en eau des différentes activités économiques, qu'elles soient ou non agricoles.



Le graphique ci-dessus souligne la grande variabilité des consommations d'eau d'une région à l'autre. En moyenne la consommation par tête pour les pays en voie de développement est de moitié inférieure à celle des pays développés.

Tableau XX : Présentation des données du WRI sur les prélèvements par secteur

| Régions | Agriculture | | Industrie | | Domestique | |
|---|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| | Km ³ | % | Km ³ | % | Km ³ | % |
| Europe des 15 | 60,42 | 27,3 | 123,34 | 55,7 | 37,79 | 17,07 |
| Ex-URSS et Europe de l'Est | 44,57 | 26 | 82,20 | 47,85 | 44,82 | 26,15 |
| Moyen-Orient, Afrique du Nord | 175,19 | 82,53 | 11,38 | 5,36 | 28,87 | 12,6 |
| Afrique subsaharienne | 52,99 | 68,56 | 5,87 | 7,59 | 18,29 | 23,85 |
| Amérique latine | 119,31 | 72,5 | 46,51 | 15,5 | 36,40 | 12 |
| USA, Canada | 199,85 | 39 | 240,84 | 47 | 66,62 | 13 |
| Australie, Nouvelle Zélande | 6,40 | 38,5 | 0,996 | 6 | 9,21 | 55,5 |
| Asie développée (sans Taiwan ni Hong- Kong) | 39,13 | 33,33 | 47,04 | 39,67 | 32,02 | 27 |
| Asie du Sud-Est | 81,88 | 70,4 | 17,91 | 15,4 | 16,52 | 14,2 |
| Asie du Sud | 1105,86 | 95 | 23,23 | 2 | 34,85 | 3 |
| Chine | 400,2 | 87 | 32,2 | 7 | 27,6 | 6 |
| Reste du Monde | 177,95 | 68,17 | 46,44 | 17,79 | 36,55 | 14,04 |

Source : WRI, 1998

Source : J. Margat, 1998

TABLEAU 3 : Fourchette des besoins en eau de quelques procédés industriels

| Procédés | Besoins en eau (m ³ /tonne de produit) |
|---|---|
| Acier | 6 à 300 |
| Papier | 80 à 1000 |
| Raffinage d'essence | 0,1 à 40 |
| Bière | 8 à 25 |
| Sucre | 3 à 400 |
| Savon | 1 à 35 |
| Refroidissement d'une centrale thermoélectrique : | |
| - en circuit ouvert | 145 à 165 par kWh produit |
| - en circuit fermé | 3 à 20 |

L'énorme variabilité des prélèvements, pour des activités équivalentes, en fonction de la source des estimations et de la région du monde concernée est un handicap sérieux pour relier activités économiques et consommation en eau. Par ailleurs on distingue généralement les prélèvements de la consommation, une partie de l'eau prélevée n'étant pas consommée et retournant ainsi dans le cycle hydrologique.

Le même problème existe pour la production agricole comme le souligne les exemples ci dessous

| Animal | Consommation d'eau en m3 par an |
|---------|---------------------------------|
| Chevaux | 13,8 à 19,3 |
| Bœufs | 13,8 à 19,3 |
| Vaches | 24,9 à 30,4 |
| Porcs | 2,1 à 4,2 |
| Caprins | 1,4 à 4,2 |

source : *Department of Animal Sciences, Colorado State University*

| Besoin eau moyen total d'un ha de riz en m3 par saison de culture | Estimation | Source |
|---|------------------|---------------------|
| 19000 | générale | T. Tuong, IRRI |
| 12000 à 20000 | générale | Guide de l'Agronome |
| 11800 | pour l'Australie | RGA |
| 19750 | pour l'Asie | CGIAR et FAO |

On a ainsi des différences de l'ordre de 50% pour la consommation en eau du riz en fonction des estimations. Même dans le cadre de nos objectifs, où l'on souhaite simplement voir si l'eau apparaît comme un facteur contraignant sur les activités économiques, de telles différences enlèvent tout sens à l'exercice.

Estimations de la consommation en eau d'un ha de riz par saison de culture en m3

| Source | Crop Water | | | CGIAR et FAO |
|-------------|---|-----------|--------------|--------------|
| Région | Pays | Station | Consommation | Asie |
| Asie du Sud | Afghanistan | Baghlan | 10050 | |
| | | Farah | 12310 | |
| | Bangladesh | Sylhet | 8660 | |
| | Inde | Midnapore | 10030 | |
| | | Lucknow | 10000 | |
| | | Bangalore | 9270 | |
| | Pakistan | Sargodha | 12960 | |
| | | Nawabsha | 15340 | |
| | Soit une moyenne pondérée (avec les superficies irriguées) de | | 10049 | 19750 |

On voit une différence importante d'un pays à l'autre à l'intérieur de la région Asie du Sud.

| Culture | Besoin en eau moyen d'un ha en m3 par saison de culture |
|------------------|---|
| Haricots | 3000 - 5000 |
| Citron | 9000 - 12000 |
| Coton | 7000 - 13000 |
| Arachide | 5000 - 7000 |
| Maïs | 5000 - 8000 |
| Sorgho et millet | 4500 - 6500 |
| Soja | 4500 - 7000 |
| Tournesol | 6000 - 10000 |

Source FAO

3.2.3 Les risques de carence en eau

D'après les études sur le sujet (Postel, 1996 et Baer, 1993), seuls les pays d'Afrique et du Moyen-Orient se heurtent au facteur limitant de l'eau. Ceci est confirmé en utilisant les données de l'étude de Margat mais n'apparaît pas sur celles du WRI (tableaux ci-dessous)

TABLEAU 4 : Pression sur les ressources, d'après Margat, 1998

| Régions | Pression sur la ressource |
|--|---------------------------|
| UE, AELE | 1490 |
| Europe de l'Est | 4465 |
| Afrique du Nord et Orient | -32 |
| Afrique subsaharienne | 3850 |
| Amérique latine | 12670,5 |
| USA, Canada | 6240 |
| Australie et Océanie | 1660 |
| Asie développée | 450 |
| Asie centrale et occidentale | 350 |
| Sous continent indien et Asie du Sud-Est | 6750 |
| Chine (avec Mongolie et Corée du Nord) | 2385 |

Source : d'après J. Margat, 1998

TABLEAU 5 : Pression sur la ressource d'après WRI, 1996

| Régions | Pression sur la ressource |
|-----------------------------|---------------------------|
| Europe des 15 | 897 |
| ex-URSS et Europe de l'Est | 4747,86 |
| Afrique du Nord et Orient | 1463,37 |
| Afrique subsaharienne | 3749,79 |
| Amérique latine | 10380,45 |
| USA, Canada | 4801,83 |
| Australie, Nouvelle Zélande | 653,394 |
| Asie développée | 562,53 |
| Asie du Sud-Est | 3678,69 |
| Asie du Sud | 2981,96 |
| Chine | 2340 |
| Reste du monde | 873,21 |

Finalement, en dépit de l'effort récent de certaines organisations (WRI, FAO, IFPRI), les données nécessaires à une étude prospective sérieuse sur la contrainte en eau pour l'homme du 21^{ème} siècle, ne sont pas aisément accessibles.

Chapitre IV – Résultats Préliminaires

Le modèle en taille réelle, divise le monde en 12 régions¹², en fonction de la localisation géographique et du niveau de développement. C'est la validation de la solution de référence (simulation de la période actuelle) qui nous pose problème. Nous n'avons pas la prétention, avec un modèle de ce type, de représenter précisément l'écroulement de l'économie Indonésienne en 1997-1998 ou les désordres monétaires en Amérique du Sud. Cependant il s'agit d'obtenir des ordres de grandeur des taux de croissance des différents secteurs, de l'ampleur et de la fréquence des fluctuations et des probabilités de contraction économique brutale comparables à ceux observés dans la réalité. Trois types de problèmes expliquent nos difficultés :

- des problèmes numériques : le « solveur »^{13/}, conçu pour le cas où l'ensemble des variables s'ajuste simultanément, ne trouve pas toujours la solution. Il est possible que le problème mathématique, lorsque le risque est pris en compte et lorsque certaines quantités sont fixées du fait des délais de production, devienne « non convexe »^{14/}, présente plusieurs maximum locaux et passe de l'un à l'autre, ou tout simplement, vu le nombre important des variables en cause et les non-linéarités que la solution ne soit pas trouvée si le point de départ est trop loin de l'équilibre ;
- des problèmes de représentation des faits stylisés des politiques économiques. En effet, contrairement aux modèles classiques où la situation obtenue par simulation est trop stable par rapport à la réalité, le modèle décrit dans ce rapport représente un univers trop instable. Il est alors nécessaire de trouver les forces de rappel vers l'équilibre qui permettront aux simulations de ressembler au monde actuel. Les politiques économiques constituent sans doute un élément majeur parmi ces forces. Le problème dans ce type de modèle est que l'on souhaiterait définir des règles d'action plus ou moins immuables alors que les politiques économiques sont généralement déterminées au coup par coup en fonction des urgences et ceci d'autant plus qu'elles sont d'inspiration libérale. La politique agricole américaine, au cours de ces dernières années, caractérisée par une diminution sensible des interventions systématiques de l'Etat affichée (et mise en œuvre) en 1996, suivie par un retour en force des aides d'urgence (dès 1998, quand il apparut que la libéralisation conduisait à la ruine de nombreux agriculteurs) en est l'exemple type.
- Des problèmes de données, pour les flux financiers ou les variables environnementales (émissions de GES, eau...etc...). En ces matières, les données fiables font cruellement défaut. Ceci s'explique par le caractère relativement récent de l'intérêt pour les problèmes en cause, intérêt qui a suscité beaucoup de recherches contemporaines, mais encore peu de données..

¹² Il s'agit de la première version du modèle réalisé dans le cadre d'un contrat entre le CIRAD et le Ministère de l'environnement, un nouveau découpage va être réalisé dans le cadre de ce contrat, il est détaillé annexe 1.

^{13/} « Le solveur » est un programme de calcul pour la recherche de la solution du système d'équations non linéaires qui constitue le modèle proprement dit. En l'occurrence, nous avons choisi d'utiliser le solveur PATH, du logiciel GAMS, qui représentent tous deux le sommet de l'art en ce moment.

^{14/} On sait que la « convexité de l'espace des solutions réalisables » (s'il n'est pas vide) est une condition essentielle pour que l'équilibre recherché soit unique.

4.1 – Recherche d'une situation de référence

Comme cela a été expliqué précédemment, nous ne sommes pas encore totalement satisfait des résultats obtenus avec notre modèle. En particulier, les difficultés de convergence et le temps de résolution limitent grandement nos capacités à explorer l'ensemble de l'espace des solutions. Par ailleurs, la simplicité du module financier dans cette version, explique que les évolutions dynamiques ne peuvent être encore finement calibrées. Enfin, nos exigences en matière de calibration – retrouver des séries de volume des production, de prix et de valeurs ajoutées- conformes à celles que l'on observe dans la réalité, sont bien supérieures à celles de nombreux auteurs de modèles, pour lesquels le raisonnement en différence et la cohérence interne de l'outil suffisent à la validation.

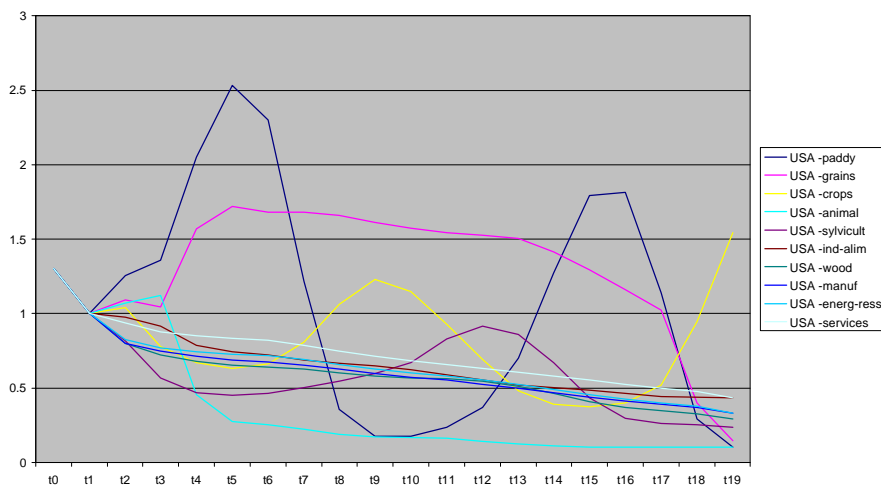
Pourtant, si les modèles prennent effectivement une importance croissante dans les négociations, il devrait être soumis, comme tout bon outil, à la réfutation possible des hypothèses principales...C'est l'exercice auquel nous tentons de nous livrer ici.

On trouvera dans les pages qui suivent quelques graphiques, obtenus à partir des résultats du modèle. Ils concernent les prix et les quantités des 5 produits agricoles, les valeurs ajoutées par grand secteur d'activité et l'évolution des volumes de production industrielles et agricoles. Il s'agit de résultats très préliminaires et beaucoup de travail reste à réaliser pour les valider.

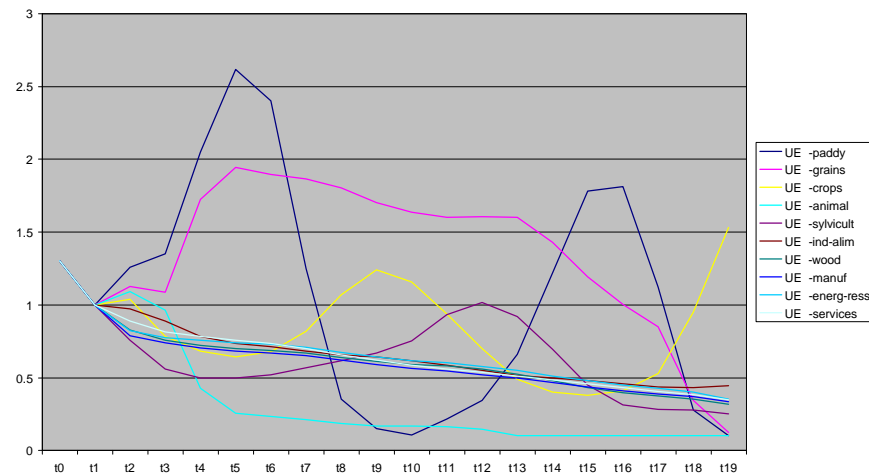
Les évolutions de prix et de quantités sont obtenues à partir de la maquette à 3 régions qui à l'avantage de tourner beaucoup plus rapidement. Elles permettent de donner une idée générale des résultats que l'on peut obtenir avec ce modèle, sans nécessiter une place considérable. Elles sont assez satisfaisantes, l'allure générale des séries n'étant pas trop différente de celles des séries réelles, telles qu'elles ont été présentées au chapitre 5. Les évolutions de valeurs ajoutées par grand secteur d'activités sont obtenues à partir du modèle à 12 régions. Là encore, les séries générées par le modèle semblent satisfaisantes, du moins en première approche. Toutefois, sur longue période (siècle) le monde que nous représentons est visiblement atteint d'une déflation persistante. Par ailleurs certaines variables présentent encore une trop forte instabilité. Nous sommes actuellement en train d'analyser les causes de cette évolution et de chercher les moyens d'y remédier. En particulier, il nous manque encore dans le modèle une tendance exogène de progrès technique, représentant les gains de productivité.

Evolution des prix et des quantités produites par le secteur agricole dans le modèle

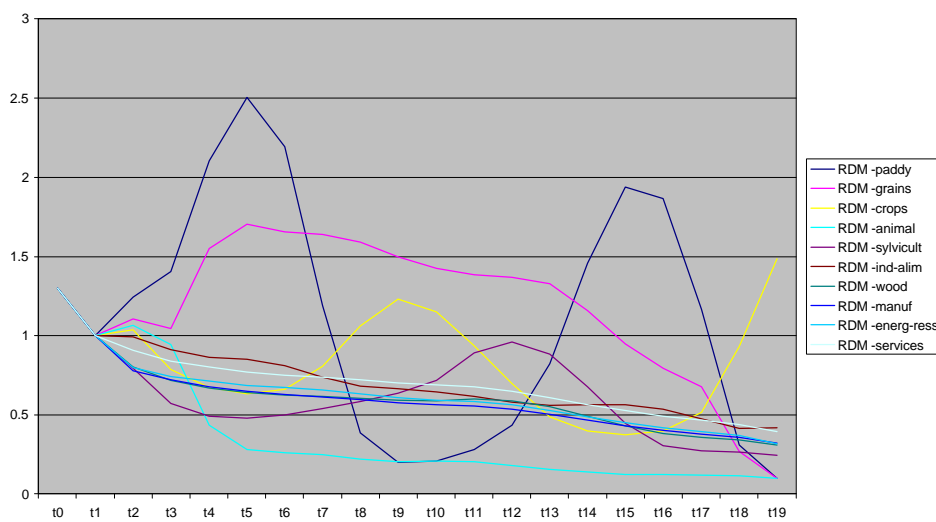
Prix Producteurs aux USA

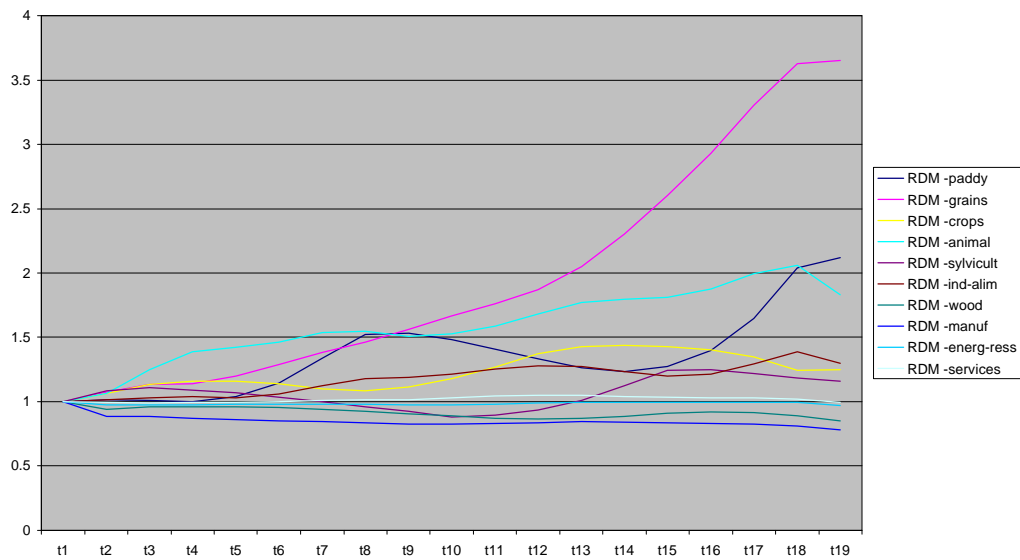


Prix producteur en Europe

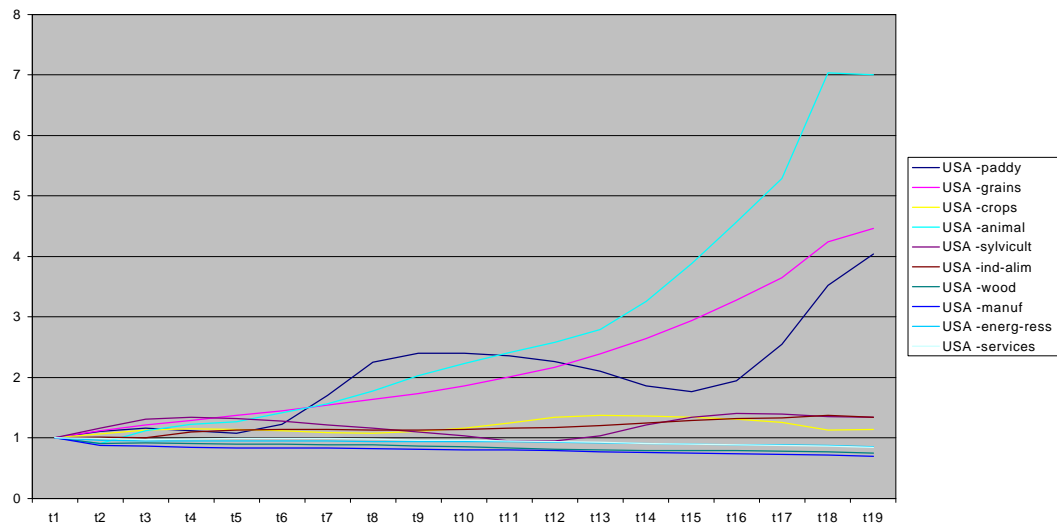


Prix producteurs RDM

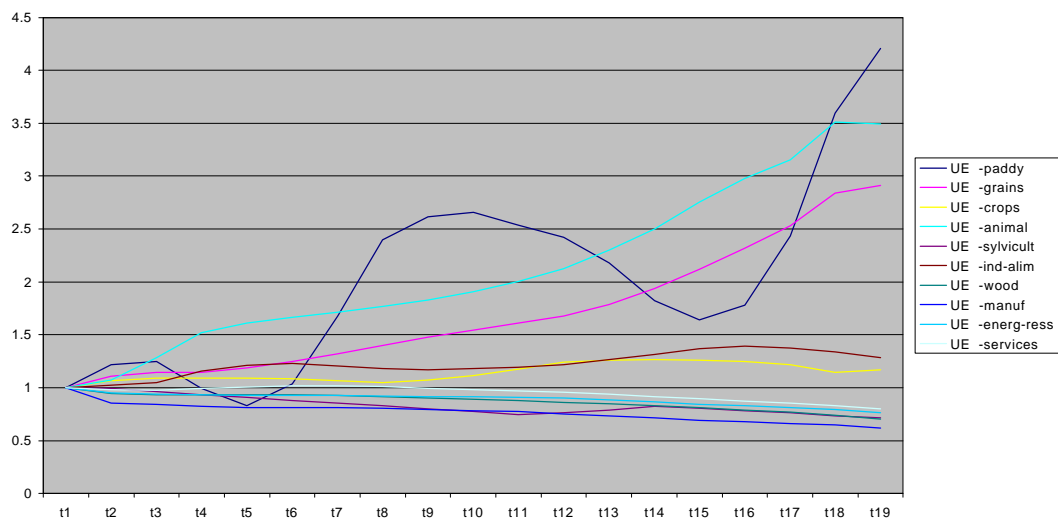


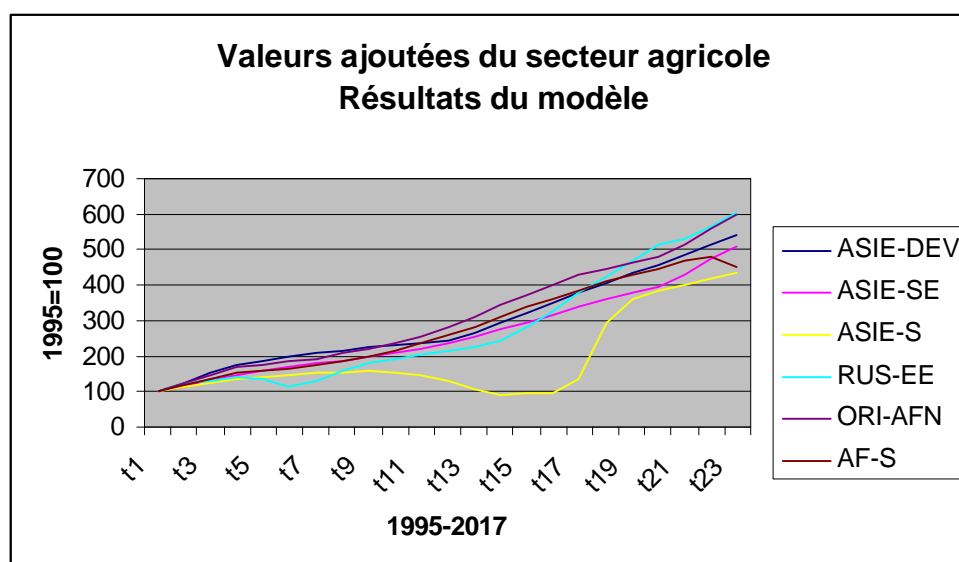
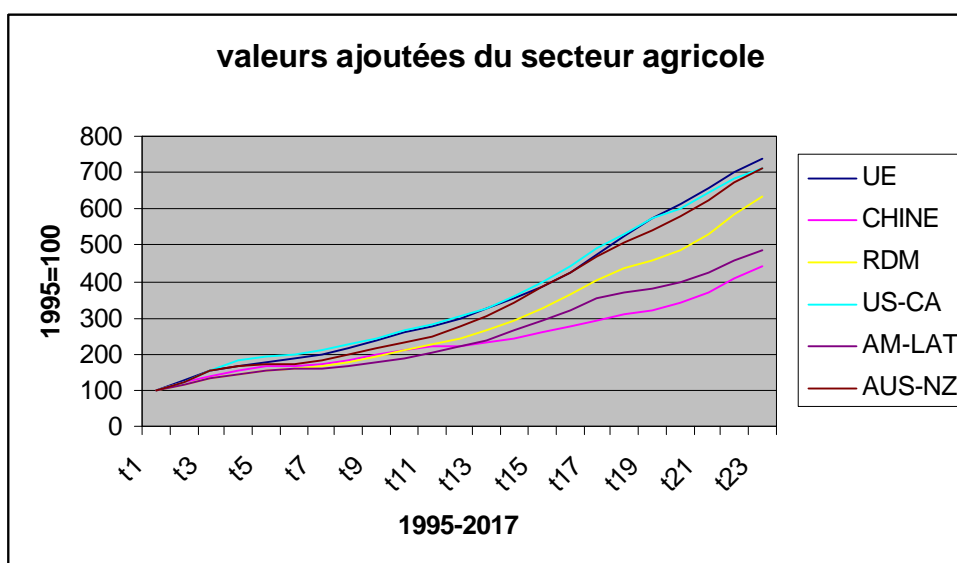


Productions USA

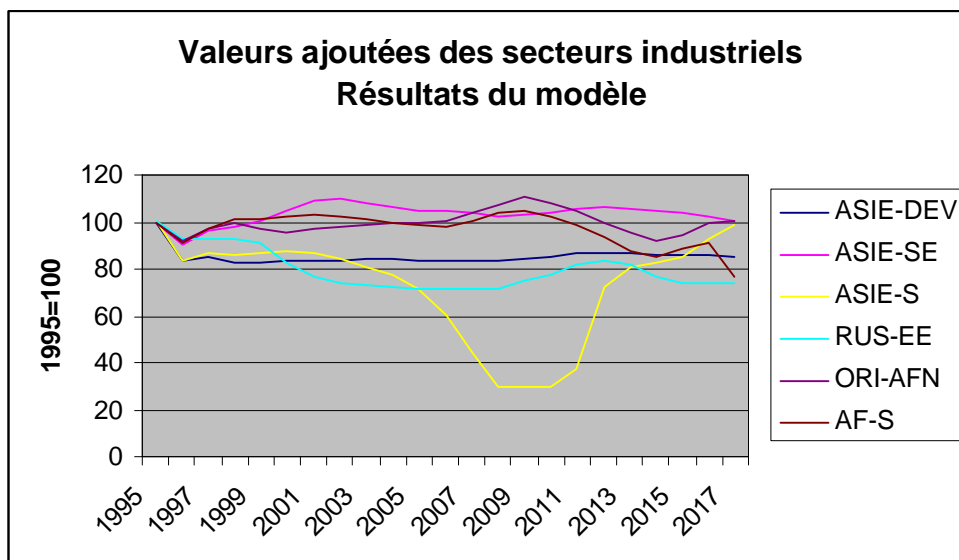
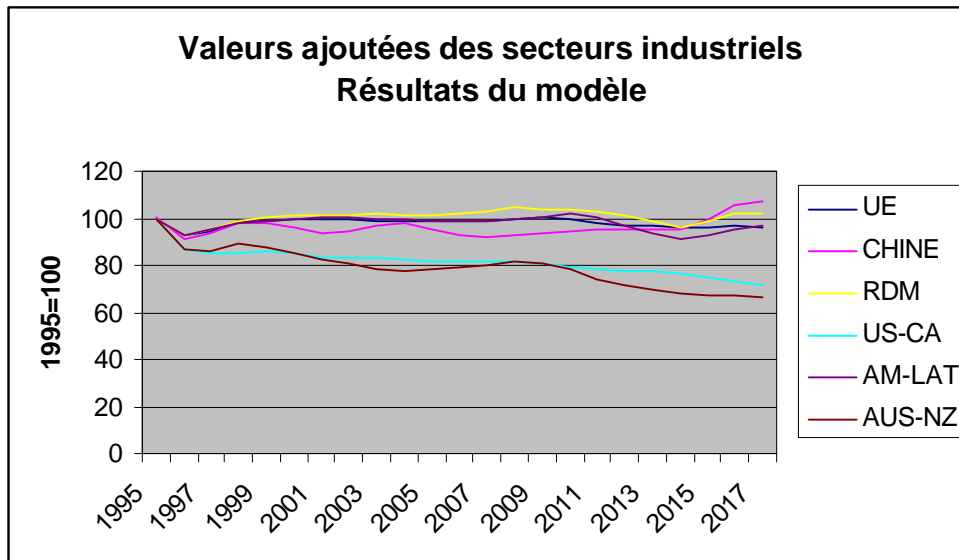


Production UE

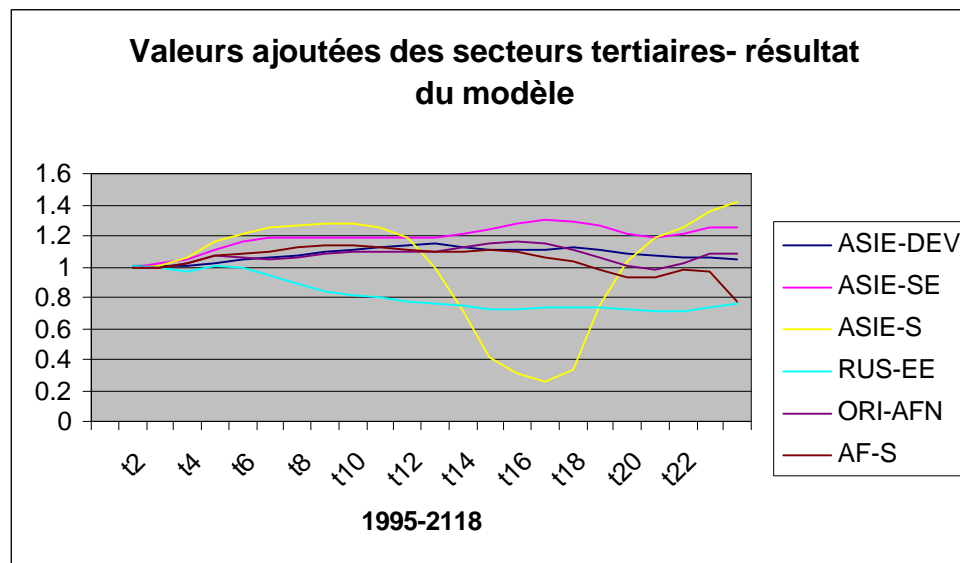
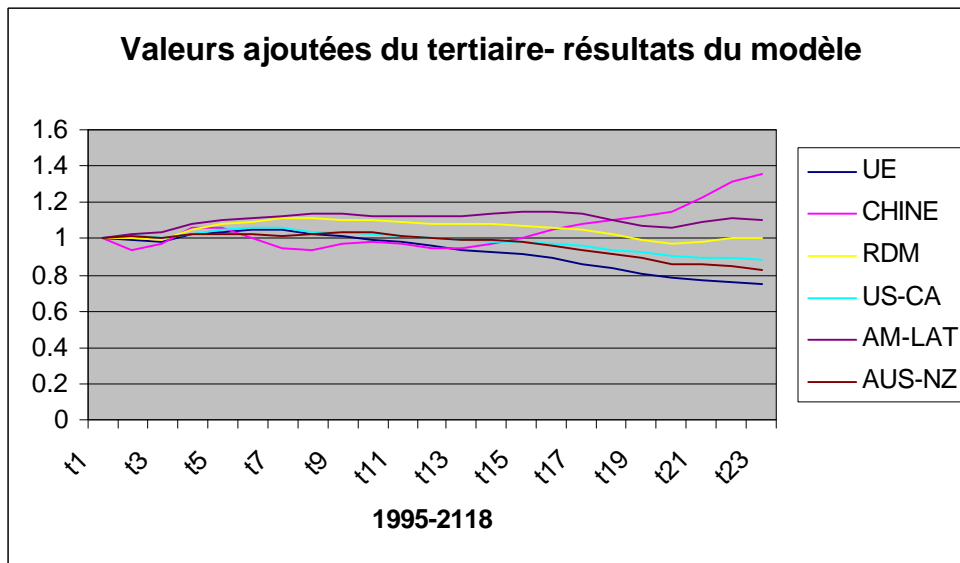


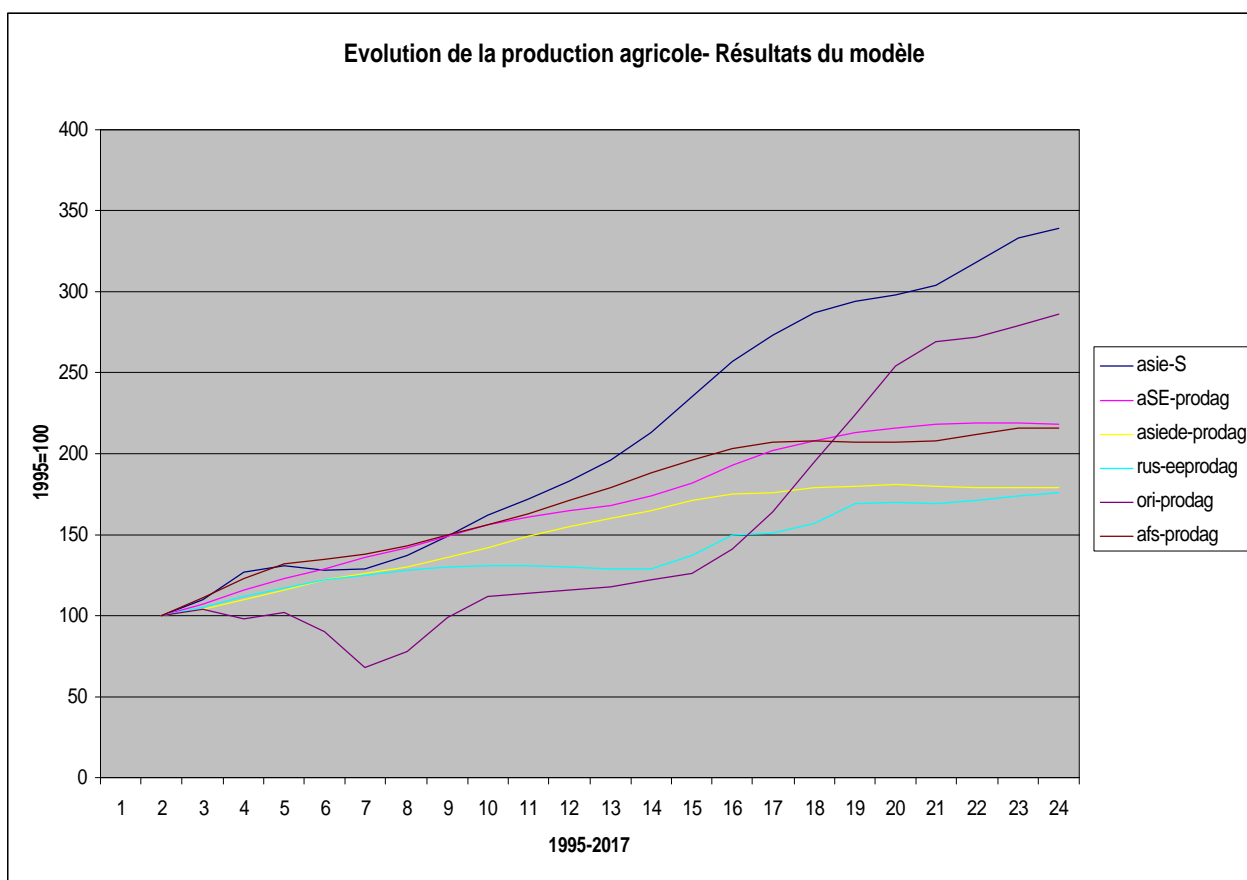
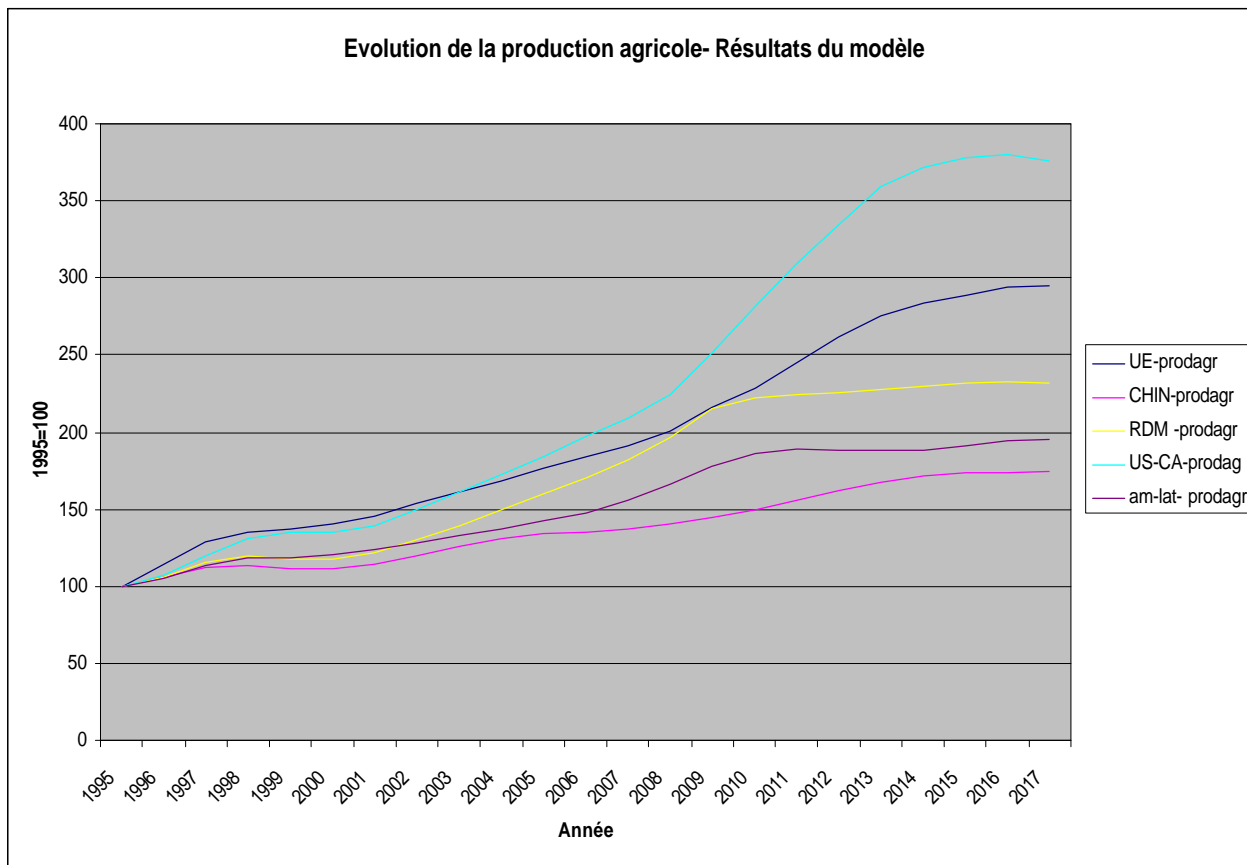


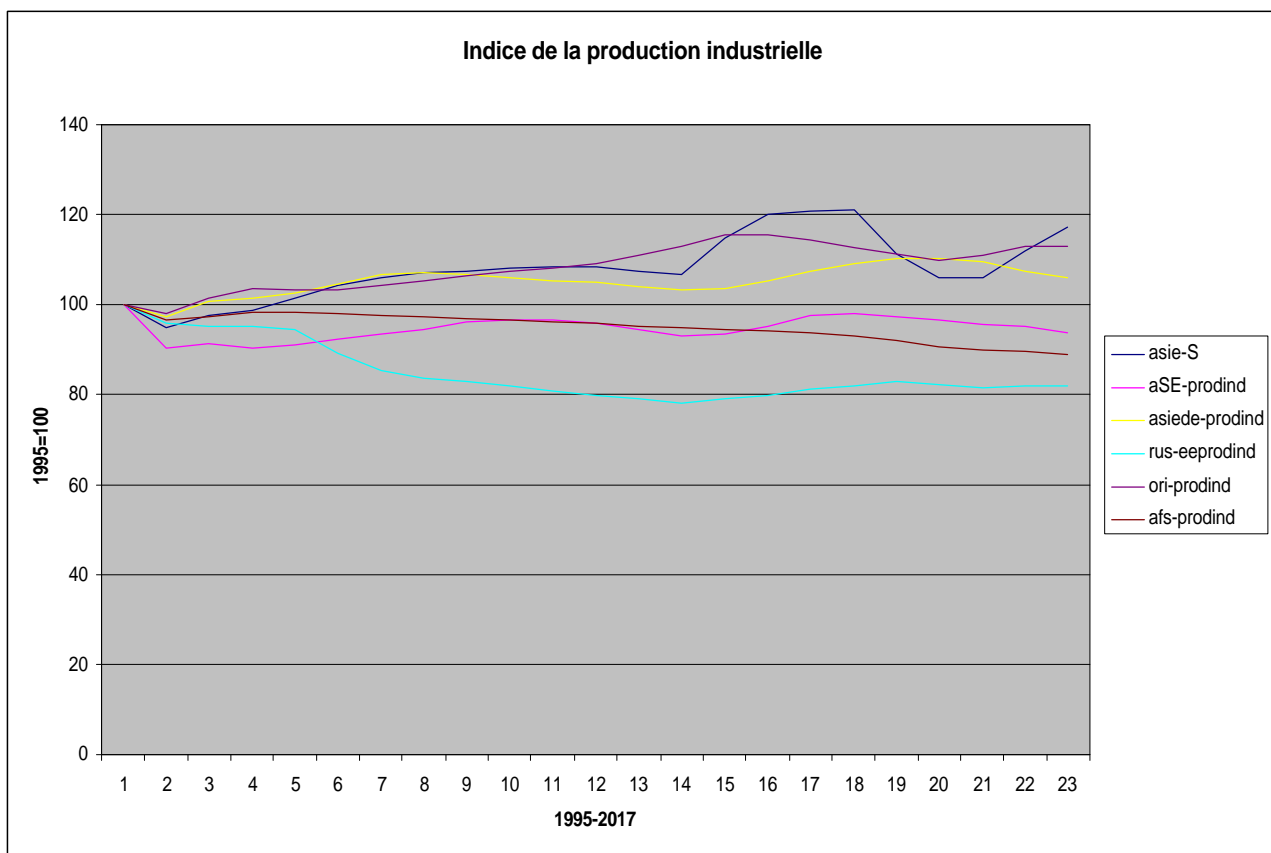
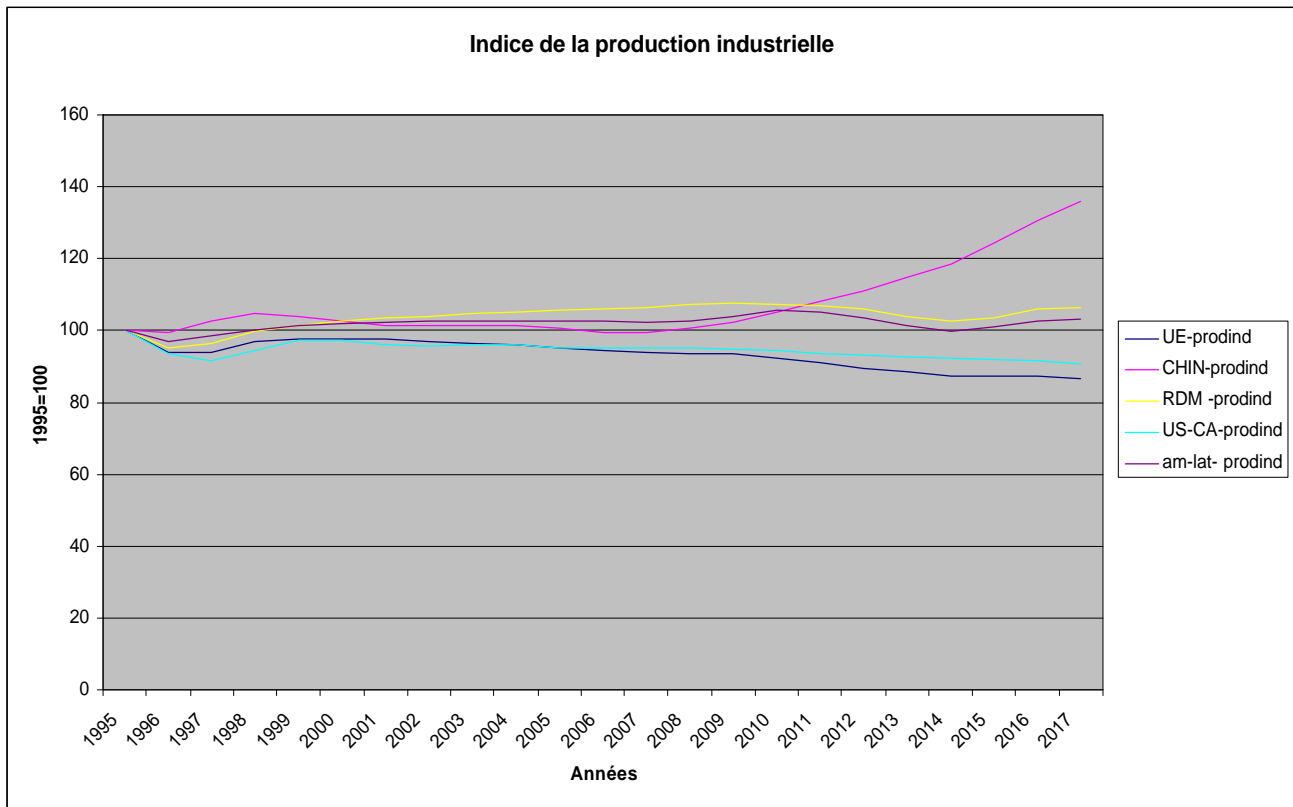
En regardant ces résultats, il ne faut pas se méprendre, ils ne donnent aucune prévision et n'annoncent ainsi ni l'abondance en Europe ni la famine en Asie du Sud. La croissance de la valeur ajoutée dans chaque région et chaque secteur doit être calibrée finement, à partir de l'investissement dans chaque secteur, du progrès technique, de la croissance démographique...etc...La décroissance qui affecte l'Asie du Sud pourrait sans doute affecter une autre région. En principe, étant donné la sensibilité des résultats aux conditions initiales, liée au caractère chaotique des séries simulées par le modèle, il faut réaliser un grand nombre de simulations et donner les résultats sous une forme probabiliste. Un tel travail n'a pas encore été fait et ces résultats ne sont donnés ici qu'à titre illustratifs.



De toutes façons, même lorsque l'analyse complète du comportement du modèle aura été réalisée, les résultats de cet outil ne seront jamais des prévisions. L'exercice se situe plutôt au niveau de la prospective, c'est à dire de l'exploration des futurs possibles et des principales variables déterminant le comportement de l'ensemble du système.

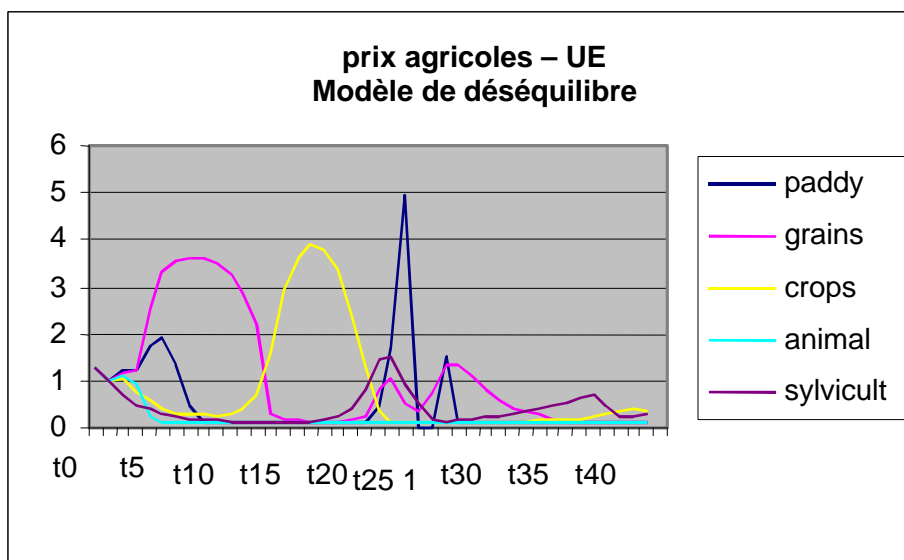
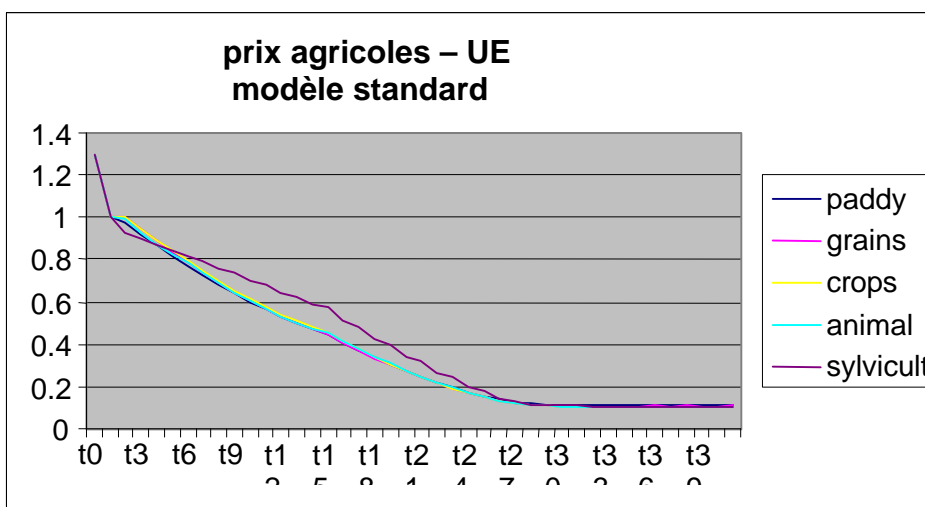






Même si ces résultats restent encore à améliorer largement, ils sont encourageants et montrent que nous progressons peu à peu vers une représentation des dynamiques complexes de l'économie mondiale. Il faut bien comprendre qu'une telle approche, qui s'affranchit de la référence omniprésente à l'équilibre, pour tenter de représenter les déséquilibres nés des difficultés de l'ajustement automatique des marchés libres, est radicalement nouvelle.

On illustre ici cette différence entre l'approche « standard » et l'outil développé dans cette étude, basé sur la représentation des non linéarité à l'œuvre dans les systèmes économiques, génératrices d'une dynamique complexe des prix comme des quantités. On s'affranchit de la référence omniprésente à l'équilibre pour l'étude des déséquilibres générées par les difficultés de l'ajustement entre offre et demande. Les graphiques suivants permettent de comparer l'allure des résultats obtenus dans une « version standard » du modèle et le même résultat en tenant compte des déséquilibres représentés dans notre outil.



4.2 Quelques simulations à réaliser pour l'étude de la libéralisation des échanges

L'objectif de ce projet est d'évaluer les conséquences d'une libéralisation progressive des échanges agricoles.

Nous nous proposons d'utiliser ce modèle, une fois correctement calibré pour réaliser les 4 types de simulations suivantes

- **simulation A** : Abandon des subventions aux exportations. Par contre, les autres mesures de politiques agricoles sont maintenues. Dans l'analyse des résultats, on prêtera un intérêt particulier au niveau des stocks nécessité par le maintien des prix d'intervention à leur niveau actuel. On baissera progressivement ces prix afin d'obtenir des « stocks raisonnables »
- **simulation B** : On ajoute à la simulation précédente, l'abandon des taxes aux importations, on s'intéresse de nouveau à la croissance des stocks induites par le maintien des prix d'intervention.
- **simulation C** : On ajoute à la simulation précédente le retrait des prix d'intervention
- **simulation D** : libéralisation totale.

A partir de ces simulations, l'analyse considérera les différences avec la situation de référence pour les indicateurs suivants :

- indice de production dans chaque pays pour chacun des cinq produits agricoles, base 100 année de référence
 - indice de la volatilité des prix
 - revenus moyens des ménages,
- importations et exportations en volume pour chacun des cinq produits agricoles et pour chaque pays
- niveaux de stocks pour chacun de ces produits dans chaque pays
- dépenses du Gouvernement liées aux subventions à l'Agriculture, en prix courant, dans chaque pays
- recettes du Gouvernement associées à l'activité agricole (droits de douanes, etc...), dans chaque pays
- indice du volume de main d'œuvre employé dans l'agriculture pour chaque pays.

Chapitre VI- Etat d'avancement, difficultés et calendrier

5.1 Etat d'avancement

Le modèle a été testé avec 12 régions et les données GTAP de 1995(cf supra chapitre 3) : les résultats sont relativement satisfaisants mais le modèle ne converge pas toujours et le temps de résolution est long limitant les possibilités pratiques de multiples simulations avec des paramètres différents.

Nous avons mis au point un module capital simplifié permettant de faire fonctionner le modèle en dynamique, les investissements sont déterminés par l'épargne de l'année précédente de la classe « riche », ils sont alloués entre les différents secteurs en fonction du taux de rentabilité anticipé et du risque associé. L'épargne des « pauvres » est considérée comme une épargne de précaution, elle est utilisée pour lisser les revenus en s'inspirant de la théorie du revenu permanent.

Une version classique de notre modèle a été réalisée. Face aux difficultés de convergence que nous rencontrons, il était important de vérifier que celles-ci étaient bien le résultat de la représentation des difficultés d'ajustement sur les marchés, et non d'une erreur. Cette version classique converge correctement et donne les résultats habituels de ce type de modèle : l'équilibre est stable, au niveau des prix comme des quantités. L'évolution dynamique est gouvernée par la propension à consommer, qui détermine une évolution à la hausse (croissance économique) ou à la baisse (contraction de l'activité). Au delà de cette tendance, aucune fluctuation n'est générée par le modèle. On considère donc dans ce type de modèle que l'ensemble des fluctuations rencontrées dans l'économie mondiale est le résultat de chocs extérieurs au système, c'est justement cette conception que nous souhaitons dépasser.

Un mini modèle , entièrement théorique, a été réalisé afin de permettre de comprendre, dans une maquette où la dimension géographique et la représentation du commerce international sont absentes, d'où viennent nos problèmes de convergence ainsi que de déterminer les principaux paramètres qui gouvernent l'allure générale des solutions.

5.2 Difficultés rencontrées

La nouvelle base de données GTAP ne contient pas les émissions en gaz à effet de serre. Il est donc nécessaire, si nous voulons garder les considérations environnementales au rang des arguments- de générer nous même ces données à partir des travaux existant.

Le caractère chaotique de notre modèle nous pose plus de problèmes que prévus, les temps de résolution sont très long¹⁵ et la situation de référence n'a pas encore été totalement validée. Comme cela a été expliqué plus haut ce problème ne se pose pas pour les modèles « classiques » car ceux-ci génèrent un équilibre stable et c'est seulement le niveau de croissance (directement dépendant du niveau de l'épargne) qu'il s'agit d'ajuster dans les

¹⁵ Une dizaine d'heures dans la version à 12 régions, 10 secteurs pour une vingtaine de périodes...

modèles dynamiques. Dans les modèles statiques, aucune validation n'est généralement réalisée, le calibrage sur l'année de référence assurant la compatibilité des résultats avec la matrice de compte sociaux utilisée. Toute la question, en l'absence d'une telle validation, est celle de la validité des résultats concernant des politiques économiques alternatives.

5.3 Planning Octobre 2001- Juillet 2002

- Mise au point des équations représentant les politiques économiques spécifiques aux régulations des marchés agricoles en Europe
- Traitement des données GTAP de 1997, modification des secteurs et des régions (cf annexe1)
- Mise au point de la situation de référence
- Simulations (voir supra 3.2) et analyse des résultats
- rédaction du rapport final
- rédaction d'un article sur ce modèle à présenter à la prochaine conférence GTAP.

Bibliographie

- Baer A..(1993) Pas assez d'eau pour tous ?. L'Etat de la Planète, Economica, Paris, pp.317-333.
- Benassy, J.P. (1984) : *Macroéconomie et théorie du déséquilibre*, Dunod, Paris
- Boussard J.M. (1996) *When risk generates chaos* Journal of Economic Behaviour and Organisation **29** :433 :446.
- Boussard, J.M., et A.K. Christensen (1997) *Modèles Calculables d'Equilibre général, Risque et Place de l'Agriculture dans l'Economie Nationale : Application à la Pologne et à la Hongrie.*Economie Rurale, (6:).
- Day, R.H. (1994), *Complex economic dynamics*, vol I, The MIT Press, Cambridge, Massachussetts
- Day, R.H. (1999), *Complex economic dynamics*, vol II, The MIT Press, Cambridge, Massachussetts
- Freund, R.J.. (1956) : *Introducing risk into a programming model* Econometrica **21** (4) : 253-263.
- Grandmont J.M. (1982) : *Temporary general equilibrium* in: Arrow, K.J. and Intriligator M.D, ed. : *Handbook of mathematical economics* Vol II, North Holland, Amsterdam, : 921-922.
- Hertel T. et al. (1997) : *Global Trade Analysis*, Cambridge University press, Cambridge.
- Margat J., *et al.* (1998) *L'eau en questions*. Editions Romillat, Paris.

Markowitz (1970): *Portfolio analysis: Efficient diversification of investments*, Yale university press, Yale.

Pinstrup-Andersen, P., R. Panda-Losch, and M. Rosegrant (1997) : *The world food situation, emerging issues, and long term prospect*. IFPRI, Washington .

Postel S. Les eaux de la discorde. Quand l'eau vient à manquer. Cérès, Revue de la FAO, n°156 (vol 27, n°6), Italie, pp.19-24.

Radner, R. (1982) : *Equilibrium under uncertainty* in: Arrow, K.J. and Intriligator M.D, ed. : *Handbook of mathematical economics* Vol II, North Holland, Amsterdam, : 921-922.

Stiglitz J.E. (1998) Knowledge for development / Economic Science, Economic Policy, and Economic advice, Paper prepared for the annual world Bank Conference on Development Economics, April 20-21, Washington DC

Tukpulé V., Brown S., Lim J., Polidano C., Pant H., Fisher B. (1998). *An economic assessment of the Kyoto Protocol using the Global Trade and Environment Model*. Paper presented to the Economic Modeling of Climate Change Workshop : background analysis for the Kyoto Protocol, OECD, 17-18 September 1998, 23 p.

Van den Mensbrugge D., (1994) : *Green : The reference Manual*. Working paper N° 143, Economic Department, OECD.

Van der Mendbrugge, D (1998) : *A preliminary analysis of the Kyoto Protocol : using OECD GREEN model*, Paper presented to the Economic Modeling of Climate Change Workshop : background analysis for the Kyoto Protocol, OECD, 17-18 September 1998, 23 p.

Annexe1 Produits et Régions

- La désagrégation actuelle comprend les régions suivantes :
 - l'ex-URSS et l'Europe de l'Est
 - le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord
 - l'Afrique du Sud du Sahara
 - l'Europe des quinze
 - l'Amérique latine avec : Argentine, Brésil, Mexique, Chili, Uruguay, Venezuela, Colombie, le reste de l'Union Andéenne, Amérique Centrale et Caraïbes
 - les USA et le Canada
 - l'Australie et la nouvelle Zélande
 - l'Asie développée avec : Honk Kong, Japon, Corée, Taiwan et Singapour
 - l'Asie du Sud Est avec : Indonésie, Malaisie, Philippines, Thaïlande, Viêt-Nam
 - l'Asie du Sud : Inde, Sri Lanka et le reste de l'Asie du Sud
 - la Chine
 - le reste du monde

- Et les produits suivants :
 - le riz
 - les autres céréales
 - les autres cultures
 - les produits animaux (élevage et pisciculture)
 - la sylviculture

L'intérêt de ce modèle, par rapport à une approche en équilibre partiel réside dans la prise en compte des relations dans l'ensemble de l'économie et non dans le seul secteur agricole comme c'est le cas dans les modèles en équilibre partiel. Cependant, afin de maintenir le modèle dans des dimensions acceptables, la production agricole est représentée d'une façon relativement schématique. Pour dépasser cette limite, pluriagri fait appel à deux approches complémentaires :

- celle dont il est question ici
- un modèle d'équilibre partiel développé par l'ONIC.

Afin de rendre les résultats de ces deux modèles comparables et de mieux répondre aux préoccupations des professionnels plusieurs modifications doivent être réalisées :

1. faire apparaître le secteur des oléo-protéagineux (à l'heure actuelle compris dans la rubrique autres cultures) : ceci est permis par le niveau de désagrégation de la base de données GTAPS qui sera utilisée. Ce secteur sera donc considéré individuellement au niveau de la production comme des industries de transformation. Cependant, il ne sera pas possible de distinguer les tourteaux des huiles au niveau de la transformation car ils sont agrégés sous la dénomination "vegetable oil and fats" dans la base de donnée.
2. faire apparaître le sucre, comme un secteur spécifique (jusqu'ici compris dans autres cultures) : ceci est possible au niveau de la production comme de la transformation.
3. nouvelle désagrégation géographique. Nous pouvons représenter le monde selon la désagrégation proposée lors de la réunion pluriagri avec toutefois, les réserves suivantes :
 - la région mercosur devra être :
 - soit élargie, comprenant : la Guyane, Surinam et l'Equateur en plus,

- soit réduite : Brésil, Argentine, Chili, Uruguay.

En effet, dans la base de donnée le Paraguay est agrégé avec la Guyane et le Surinam.

- nous pouvons faire apparaître une région PECO + ex-URSS, elle ne correspondra toutefois pas exactement à la réalité, certains pays (Bosnie, Croatie, Yougoslavie) étant, fautes de données disponibles, inclus dans le reste du monde dans la base de données que nous utilisons.

Finalement, les secteurs suivants pourraient être considérés :

- céréales
- oléagineux
- sucre
- productions animales
- autres cultures + bois
- industrie agroalimentaires + bois
- industrie chimique
- autres industries