



**Les sources d'instabilité des marchés agricoles :
état des lieux, avancées possibles et limites méthodologiques de leur modélisation**

Alexandre Gohin

UMR SMART Agrocampus Ouest INRA Rennes

Août 2011

Le présent document constitue le rapport d'une étude financée par le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire sur le programme 215 sous action 22. Son contenu n'engage que la responsabilité de son auteur.

Le présent document constitue le rapport final d'une étude financée par le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire, Direction Générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires, Service des relations internationales, Sous direction des affaires européennes. Programme 215, sous action 22, n°étude 09.14. Son contenu n'engage que la responsabilité de l'auteur.

L'auteur remercie les membres du comité de pilotage pour l'ensemble de leurs remarques constructives et pertinentes apportées tout au long de cette étude. Il remercie également Fabrice Levert pour son aide à l'obtention des données et paramètres du modèle Aglink-Cosimo de l'OCDE et la FAO.

Sommaire

Résumé	4
Introduction	6
1. Optimalité de l'intervention publique en présence de risques et d'incertitudes : une synthèse des travaux théoriques	10
1.a. Incomplétude des marchés face aux différentes sources d'incertitude : la nature des débats théoriques	11
1.b. Impacts de l'incomplétude des marchés face aux différentes sources d'incertitude : Évidence empirique	28
1.c. Incomplétude des marchés face aux différentes sources d'incertitude : l'efficacité d'instruments de politique agricole	40
1.d. Incomplétude des marchés face aux différentes sources d'incertitude : quelles justifications ?	58
2. Les modèles d'économie agricole et le risque	64
2.a. Les modèles d'équilibre partiel	66
2.b. Les modèles d'équilibre général	76
3. Étude de cas	98
3.a. Hypothèses de modélisation	101
3.b. Simulations illustratives	104
3.c. Analyse de sensibilité	122
Conclusions	126
Références	133
Annexe	139

Résumé :

De nombreuses sources d'instabilité sont à l'origine de la volatilité observée des prix agricoles mondiaux, que ce soient des chocs climatiques affectant les niveaux de production ou des chocs sanitaires affectant la demande. Mais des erreurs d'anticipation de la part des agents économiques opérant sur les marchés physiques ainsi que des phénomènes spéculatifs sur les marchés financiers peuvent également contribuer à cette volatilité des prix. Mesurer l'importance relative de ces différentes sources d'instabilité dans les évolutions récentes des marchés agricoles, déterminer leurs contributions potentielles dans les prochaines années, définir les meilleures stratégies individuelles et collectives pour y faire face sont aujourd'hui des questions cruciales tant pour les opérateurs privés que pour les décideurs publics. Les modèles économiques de simulation des marchés agricoles et d'évaluation des politiques agricoles sont susceptibles d'apporter des éléments de réponse à ces interrogations majeures. L'objectif majeur de cette étude est de faire le bilan des principaux travaux de modélisation appliquée des marchés agricoles, et des initiatives prises pour les améliorer dans la représentation des sources d'instabilité des marchés agricoles et des outils de gestion des risques. Ce bilan doit permettre de formuler des précautions sur l'usage de ces outils et de leurs résultats et d'identifier des améliorations souhaitables.

La démarche adoptée dans cette étude a consisté à rappeler, dans une première partie, les enseignements des recherches économiques sur le risque et l'incertain. Cela nous a permis dans une deuxième partie d'apprécier les atouts et limites des principaux modèles économiques des marchés agricoles actuellement opérationnels. Dans une troisième partie, nous avons montré la sensibilité des résultats fournis par l'un de ces modèles aux hypothèses sur les sources d'instabilité et sur les réactions des agents économiques à celles-ci.

Les travaux théoriques soulignent que ce n'est pas tant les multiples sources, exogènes ou endogènes, d'instabilité qui constituent le fond du problème. C'est au contraire l'absence de marchés de gestion de ces risques, type assurances ou marchés financiers. Ces travaux montrent par ailleurs que ce problème est d'autant plus grave que la demande alimentaire est peu sensible au prix et que les erreurs d'anticipations se révèlent importantes. Si ces marchés ne sont pas disponibles, alors les instruments de politique agricole (dont les prix garantis, stoks, intervention sur les marchés financiers...) peuvent être efficaces. Mais ces travaux concluent également que cela n'est généralement pas favorable aux producteurs agricoles. De nombreux travaux concluent que la puissance publique doit au contraire favoriser l'émergence et le fonctionnement de ces marchés de gestion des risques.

De nombreux modèles de simulation des marchés agricoles ont été développés ces dernières années. Pour autant, force est de constater que plusieurs d'entre eux ne sont pas du tout pertinents pour l'analyse des enjeux économiques liés aux risques agricoles. Il existe même, à ce jour, une relative exception française à vouloir y intégrer ces enjeux. Tous les modèles économiques sur les marchés agricoles pouvant étudier les questions de l'instabilité reposent sur des structures de marché très incomplètes et/ou des comportements trop simple : soit l'aversion au risque des agents n'est pas incluse, soit les marchés de gestion des risques (marchés à terme, marchés des assurances, marchés du capital) sont omises, soit les décisions dynamiques de l'investissement ou du stockage sont ignorées. Par suite, les résultats empiriques (sur les dynamiques de marché) et normatifs (sur le bien fondé des politiques publiques) doivent être interprétés avec prudence.

La littérature théorique soulignant les rôles majeurs des schémas d'anticipation des producteurs et organismes stockeurs et des élasticités prix à la demande, nous avons alors cherché à tester la robustesse des modèles de simulation des marchés agricoles à ces hypothèses. Pour ce faire, nous avons développé un module simple reprenant des spécifications usuellement adoptées pour expliquer les offres, les demandes et les stocks de produits agricoles et avons considéré différents schémas d'anticipation et différentes élasticités prix. Nos résultats de simulation montrent que les prix moyens simulés par notre module sont robustes aux hypothèses sur les schémas d'anticipation. L'intuition est que les éventuelles erreurs d'anticipation de la part des organismes stockeurs compensent les précédentes éventuelles erreurs d'anticipation des producteurs agricoles. Par contre, la volatilité mesurée par les écarts types du prix dépend fortement de ces schémas. De plus, notre module n'est pas du tout robuste à certaines modifications des élasticités.

Au final, de nombreuses améliorations des modèles de simulation des marchés agricoles sont souhaitables. Dans une démarche progressive pour construire sur l'existant, il convient tout d'abord de mieux connaître les schémas d'anticipation des agents économiques, tout spécialement des producteurs agricoles et des organismes stockeurs. Il convient ensuite de mieux quantifier les réactions des agents économiques aux signaux des prix tant ces réactions sont déterminantes dans cette problématique. Il va de soi qu'il faut également enrichir les structures de marché dans ces modèles économiques. Ces modèles pour la plupart ignorent les marchés de gestion des risques alors même que les débats agricoles portent souvent sur les effets de ces marchés, tout particulièrement les marchés de produits dérivés.

Introduction

Les marchés agricoles, régionaux, nationaux et mondiaux, évoluent sous l'influence de nombreux facteurs (climatique, technologique, politique, macro-économique, ...) qui sont pour la plupart difficiles, pour ne pas dire impossibles, à parfaitement anticiper. Les incertitudes sur l'évolution de ces facteurs se reflètent notamment dans une volatilité des prix des produits agricoles qui peut être mesurée à différentes échelles de temps (journalière, mensuelle, annuelle, ..). L'évolution temporelle des marchés agricoles peut également résulter de facteurs nettement moins aléatoires et relativement bien anticipés, comme la démographie mondiale. L'accent est exclusivement porté dans cette étude sur les sources aléatoires de l'instabilité temporelle des marchés agricoles.

Ces dernières années ont été caractérisées par un accroissement de la volatilité des prix agricoles mondiaux qui interpelle de plus en plus les pouvoirs publics dans tous les pays. Cette volatilité est en effet susceptible d'imposer des coûts économiques et sociaux aussi bien dans les pays développés que dans les pays en voie de développement ou moins avancés. Une première grande question qui divise la communauté internationale est de savoir si une intervention publique, à l'échelle mondiale et/ou régionale, est nécessaire et peut limiter ces coûts. Une seconde grande question, subordonnée à la première, est de déterminer quelle forme cette éventuelle intervention publique peut prendre (régulation par des stocks publics, régulation sur les marchés à terme, ...).

Les sciences sociales, tout particulièrement les sciences économiques, sont mobilisées pour répondre à ces enjeux. De manière générale, l'analyse économique opère une distinction entre les sources d'instabilité affectant les marchés agricoles. La volatilité des marchés agricoles peut trouver son origine dans des facteurs dits exogènes (typiquement l'effet du climat sur les rendements agricoles) et/ou dans des facteurs dits endogènes au fonctionnement même des marchés (typiquement une connaissance imparfaite des marchés conduisant à des décisions potentiellement erronées de la part des agents économiques). Pour certains auteurs, cette distinction est théoriquement importante car elle amène à des recommandations politiques contrastées, par exemple sur le bien fondé de la libéralisation des échanges (voir Courleux et al., 2011). En effet, cette libéralisation des échanges est bénéfique dans le cas où seuls des facteurs exogènes sont à l'origine de l'instabilité des marchés agricoles. Elle peut au contraire déstabiliser les marchés en présence de sources endogènes car elle peut brouiller les informations que les agents économiques perçoivent des marchés pour prendre leurs décisions (voir par exemple Calvo-Pardo, 2009).

Dans ces débats sur l'optimalité et la forme d'une intervention publique en présence de risque et d'incertitude, nombre d'arguments et contre-arguments sont avancés par les tenants de deux thèses. Par exemple, force est d'admettre que la volatilité des prix et marchés n'est pas spécifique au secteur agricole, elle se retrouve également sur les marchés d'autres matières premières. Par ailleurs, la force relative de ces sources endogènes et exogènes d'instabilité est assez mal quantifiée et les débats s'appuient autant, sinon davantage, sur des quantifications construites par simulation que sur des données réelles observées (voir par exemple, le débat retracé dans Courleux et al., 2011). Cependant le secteur agricole se distingue des autres secteurs économiques par une combinaison de plusieurs points : une atomicité de l'offre et des processus techniques de production assez longs, ce qui implique des comportements différents à l'offre (pas de pouvoir de marché, possibilités importantes d'erreurs d'anticipation). La terre est également un facteur de production particulier en agriculture, notamment parce que les usages alternatifs sont limités dans certaines régions. Sa valeur peut donc potentiellement capturer en partie la volatilité anticipée sur les marchés agricoles. De même, la demande de produits agricoles est particulière à plusieurs égards. Plus que sa relative inélasticité aux prix et revenus, c'est surtout la volonté compréhensible des puissances publiques à combattre la faim de leurs populations vulnérables en cas de crise. De nombreux Etats ne peuvent pas s'engager à ne pas intervenir sur les marchés agricoles, d'où l'ambiguïté persistante sur les marchés quant au moment où les Etats vont intervenir.

Le secteur et les marchés agricoles combinent donc un ensemble de particularités qui justifie pleinement une analyse spécifique sur l'optimalité de l'intervention publique en agriculture pour limiter les effets de l'instabilité des prix. De nombreux travaux de modélisation économique de ces marchés agricoles sont menés dans diverses institutions et organismes de recherches. De manière générale, ces travaux visent à proposer une évolution probable des marchés agricoles et/ou à analyser les effets de politiques agricoles. En particulier, une majorité de ces travaux de modélisation conclut à l'inefficacité des politiques agricoles car ils sont généralement fondés sur l'hypothèse de l'efficience des marchés.

Le premier objectif de cette étude est d'analyser ces travaux de modélisation, plus particulièrement de leur pertinence pour étudier le problème des risques et de l'incertitude en agriculture. Cela va nous conduire tout d'abord à examiner les sources d'instabilité des marchés agricoles qui sont représentées dans ces travaux. Nous chercherons ainsi à identifier si les sources exogènes et endogènes de l'instabilité de ces marchés sont prises en compte et si oui comment elles sont mesurées. Parallèlement, nous analyserons les outils de gestion des

risques et de l'incertitude pris en compte dans ces travaux de modélisations. En effet, les agents économiques disposent de diverses solutions permettant de limiter les effets de ces nombreuses incertitudes sur leurs variables objectifs (typiquement le revenu agricole pour les producteurs agricoles). Par exemple, il peut s'agir d'assurances récolte contre les effets climatiques, l'utilisation des marchés à terme contre la volatilité des prix, des dispositifs d'épargne et de crédit contre la volatilité des revenus afin de lisser la consommation. Les comportements de stockage/déstockage ont également potentiellement un rôle important pour limiter la volatilité des prix et nous analyserons aussi comment les stocks sont pris en compte dans ces travaux de modélisation.

A partir de cet état des lieux, le deuxième objectif de cette étude est de proposer des voies d'amélioration de ces travaux de modélisation des marchés agricoles. Par définition, les modèles économiques n'ont pas vocation à, et d'ailleurs ne peuvent pas, capter finement toute la complexité des marchés et politiques agricoles. Néanmoins, les hypothèses nécessaires à leur construction peuvent considérablement orienter leurs résultats et par suite les recommandations politiques. Nous identifierons donc à partir de quelques exemples illustratifs des hypothèses cruciales qu'il est souhaitable de perfectionner dans ces travaux. Nous ne proposerons pas de construire un nouveau modèle mais plutôt de donner des pistes de recherche pour améliorer les principaux modèles aujourd'hui utilisés dans les débats sur les politiques agricoles. Nous prendrons garde à la faisabilité technique de ces propositions contraintes, au moins dans le court/moyen terme, par l'ensemble des informations disponibles pour la modélisation.

Ce rapport est structuré en trois parties. La première partie vise à faire le point sur les débats théoriques sur l'optimalité de l'intervention publique pour la gestion des risques. En effet, il existe à côté des travaux plutôt appliqués de modélisation des marchés agricoles une multitude de travaux de recherche en sciences économiques visant à étudier de manière plus théorique les problèmes soulevés par le risque et l'incertain. Ces travaux sont très majoritairement motivés par la question de l'optimalité de l'intervention publique et considèrent des cadres d'analyse généraux sans imposer d'emblée l'efficacité des marchés. Il est donc important de synthétiser tout d'abord ces travaux plus théoriques qui nous serviront alors à proposer des voies d'amélioration des modèles appliqués aujourd'hui opérationnels.

La deuxième partie décrit les principaux travaux de modélisation économique sur les marchés agricoles. Pour chacun d'eux, nous fournissons tout d'abord un descriptif général puis détaillons ensuite les sources d'instabilité prises en compte ainsi que les outils et marchés de

gestion de risque. Dans le même temps, nous rappelons les principaux résultats effectués à l'aide de ces modèles vis-à-vis de la problématique du risque et de l'incertain. Une mise en garde s'impose tout de suite : ces modèles, tant dans leur spécification que dans les données utilisés, évoluent sans cesse. Par exemple, les marchés des agro-carburants étaient absents de la plupart de ces modèles il y a quelques années alors qu'ils ont tous désormais intégré un module agro-carburant. De la même manière, des travaux de recherche sont en cours pour améliorer ces modèles dans la prise en compte du risque et de l'incertain. Cet état des lieux est donc, comme toujours, valide seulement au moment de l'écriture de ce rapport.

La troisième partie propose des améliorations faisables et souhaitables de ces principaux travaux de modélisation car il existe un fossé conséquent entre les travaux théoriques et leur mise en pratique dans ces modèles appliqués à l'analyse des marchés et politiques agricoles. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce fossé. En particulier, nombre de modèles sont construits dans une optique de long terme ou en régime stationnaire sans se préoccuper du cheminement entre deux états stationnaires. En d'autres termes, l'accent dans ces travaux n'était jusqu'à présent pas beaucoup tourné sur la dynamique d'évolution à court terme des marchés agricoles. Il n'est dès lors pas étonnant que ces différents travaux de modélisation n'aient pas anticipé les récentes évolutions fortes des prix agricoles mondiaux. A partir de quelques exemples illustratifs, nous suggérons des améliorations tenant compte des connaissances théoriques et de la disponibilité des données pour les mettre en œuvre.

1. Optimalité de l'intervention publique en présence de risques et d'incertitudes : une synthèse des travaux théoriques

Si le risque (événement futur aléatoire dont on connaît la loi de distribution) et de l'incertain (événement futur aléatoire dont on ne connaît pas la loi de distribution, l'attitude des agents économiques vis-à-vis du risque et de l'ambiguïté sont depuis longtemps pris en compte dans l'analyse économique (par exemple les travaux de Bernoulli sur l'aversion au risque à la fin du 19^{ème} siècle), l'intégration de ces dimensions dans le cadre formel théorique de référence qu'est l'équilibre général est finalement assez récente. L'extension du modèle d'équilibre général statique initialement proposé par Walras à la fin du 19^{ème} siècle à la prise en compte des notions d'incertitude et de dynamique date du début des années 1950 avec les contributions originales de K. Arrow et G. Debreu. Les premiers travaux considéraient exclusivement des sources exogènes d'instabilité des marchés, ces sources pouvant provenir au niveau des technologies de production (par exemple effet du climat sur les rendements) et/ou au niveau des dotations factorielles (par exemple effet du climat sur la disponibilité en eau) et/ou au niveau des préférences des agents (par exemple effet du climat sur la demande des consommateurs). Les travaux plus récents prennent en compte les risques endogènes liés aux problèmes des anticipations que formulent les agents économiques lorsqu'ils font face à des problèmes dynamiques (choix d'investissement de la part des producteurs, décision de consommation versus épargne de la part des consommateurs). A notre connaissance, ce sont les seules sources d'instabilité des marchés prises en compte dans ces analyses théoriques. D'ailleurs il ne peut réellement y en avoir d'autres, par exemple comme les risques politiques car ces analyses supposent généralement l'absence d'interventions publiques dans la situation initiale/de référence.

C'est sans surprise une littérature toujours très active, comme peuvent en témoigner des numéros spéciaux des revues économiques généralistes des plus prestigieuses en plus de l'existence de revues économiques centrées sur les risques.¹ Ces recherches dépassent évidemment souvent le cas spécifique agricole car le risque et la dynamique sont présents dans tous les secteurs économiques. Il est dès lors utopique de vouloir synthétiser cette large et vivante littérature. Notre objectif dans cette première partie est plus modestement de rappeler les principaux résultats bien établis aujourd'hui en essayant de les traduire au cas spécifique agricole. Il faut d'ailleurs reconnaître que de nombreux papiers théoriques

¹ Par exemple, un numéro spécial de la revue *Economic Theory* est consacré en 2011 à la question du risque et des problèmes de croyance.

justifient le réalisme de leur cadre d'analyse avec des exemples agricoles, typiquement l'effet du climat sur les rendements agricoles pour les sources exogènes d'instabilité.

La notion qui revient systématiquement dans tous ces travaux est celle de l'incomplétude des marchés. De manière grossière, cette littérature établit qu'il faut un ensemble de marchés de biens physiques et de marchés de biens contingents aux sources de risques pour que l'allocation qui en résulte soit optimale. Comme nous le verrons plus rigoureusement ci après, un bien contingent est un contrat qui est défini par rapport à un évènement futur et donc non observé lors de l'échange de ce contrat. Par exemple, un bien contingent peut être une quantité de blé à recevoir à une date future si d'ici cette date tel évènement climatique (pluviométrie, ensoleillement) se réalise. Cela peut encore être une police d'assurance qui stipule les indemnités qui seront perçues en cas de sinistre. Si tous ces marchés de biens physiques et contingents ne sont pas simultanément présents, alors l'intervention publique est légitime. La question cruciale posée est donc de celle de l'existence même de ces marchés. Cette question n'est généralement pas abordée dans les travaux appliqués de modélisation des marchés agricoles qui considèrent une structure donnée de marchés. En d'autres termes, cette littérature établit que c'est autant le nombre de marchés que leur fonctionnement propre qui mérite d'être expliqué dans les travaux appliqués de modélisation.

Dans une première section, nous essayons de présenter simplement ce que l'on entend par l'incomplétude des marchés. Dans une seconde section, nous présentons quelques travaux qui tentent de mesurer le degré d'incomplétude des marchés. En d'autres termes, ces travaux cherchent à mesurer les bénéfices maximaux d'une intervention publique fictive qui consisteraient théoriquement à compléter les marchés. Dans une troisième section, nous résumons quelques travaux montrant l'efficacité relative de certains instruments de politique agricole dans un cadre de marchés incomplets tels que des prix garantis ou des quotas de production. Nous terminons cette première partie par présenter les principaux arguments expliquant l'incomplétude des marchés. Quatre principaux arguments sont mis en avant, à savoir des problèmes d'information, l'existence de politiques publiques entravant leur existence, des risques peu importants et enfin l'inutilité de tous ces marchés car les agents économiques ont d'autres possibilités de gestion des risques.

1.a. Incomplétude des marchés face aux différentes sources d'incertitude : la nature des débats théoriques

Dans cette section, nous présentons de manière simplifiée ces débats en ne considérant que des économies d'échanges. En d'autres termes, nous ignorons les problèmes soulevés par les décisions de production. Ce cadre simplifié permet tout de même de bien identifier la nature des débats. Nous débutons par rappeler les deux théorèmes fondamentaux du bien être obtenus dans un cadre statique, théorèmes qui sont à la base de la politique du laisser faire. Puis nous introduisons les notions d'incertitude et de dynamique et identifions les conditions pour que ces deux théorèmes s'appliquent toujours. L'introduction de la dynamique nous amène aux questions des anticipations formulées par les agents économiques et les possibilités d'erreur conduisant aux risques dits endogènes. Enfin nous discutons du rôle des marchés d'options qui sont susceptibles de coordonner les anticipations des acteurs.

i/ Le point de départ : l'équilibre général statique et certain

Dans une économie d'échanges pure, tous les agents sont des consommateurs. Nous supposons qu'il existe H consommateurs (indiqué par $h=1, \dots, H$) et I biens (indiqué par $i=1, \dots, I$). Ces consommateurs ont initialement une dotation de biens (noté w_{ih}) qu'ils peuvent échanger entre eux dans leur but d'améliorer leur satisfaction mesurée par une fonction d'utilité dépendante des niveaux de consommation (noté x_{ih}). Pour mieux comprendre ce cadre d'analyse, nous pouvons imaginer un territoire où les biens disponibles procurés par la nature correspondent à des fruits et des légumes. Les individus reçoivent initialement des quantités de ces fruits et légumes.

Les niveaux de consommation sont contraints au niveau du consommateur par la valeur de leur dotation initiale. En notant P_i le vecteur de prix des biens, le programme de maximisation de l'utilité sous contrainte budgétaire d'un consommateur donné s'écrit :

$$\max_{x_{ih}} U^h(x_{ih}) \quad s.c. \quad p_i \cdot x_{ih} \leq p_i \cdot w_{ih}$$

Dans ce programme, il est fait l'hypothèse que chaque consommateur considère le prix des biens comme une donnée. Sous les propriétés classiques de la fonction d'utilité (définissant une relation de préférence continue, convexe et monotone), ce programme aboutit aux fonctions de demande nette des dotations initiales :

$$z_{ih}^*(p) = x_{ih}^*(p) - w_{ih}$$

Dans cette économie d'échanges pure (sans production), un équilibre walrasien (ou un équilibre général concurrentiel) est une allocation des biens (x^*) et un vecteur de prix (P^*) qui soit faisable, c'est-à-dire que les demandes nettes globales sur chaque marché sont inférieures ou égales à zéro :

$$\sum_{h=1}^H z_{ih}^*(p) \leq 0$$

Les conditions sur les relations de préférence assurent que cet équilibre existe, est unique et est stable, c'est-à-dire que cette économie converge toujours vers cet équilibre quel que soit le point de départ ou la perturbation. A cet équilibre général concurrentiel, les taux marginaux de substitution entre paires de biens sont communs à tous les consommateurs et sont égaux aux rapports de prix (pour une solution intérieure définie par une consommation de tous les biens) :

$$\frac{U_i^h(x^*)}{U_j^h(x^*)} = \frac{U_i^{h'}(x^*)}{U_j^{h'}(x^*)} = \frac{p_i}{p_j}$$

Une question centrale en sciences économiques est de savoir si l'allocation qui résulte du fonctionnement des marchés conduit à la meilleure affectation possible des ressources. Pour juger de l'efficacité des marchés concurrentiels, l'analyse économique a le plus souvent recours au critère de Pareto. **Une allocation des ressources est dite optimale (efficace) au sens de Pareto si on ne peut pas la modifier au bénéfice de certains agents économiques sans en léser aucun.** Une telle allocation implique qu'il n'y a pas de gaspillages de ressources. Ce critère paraît donc assez intuitif mais sa principale faiblesse est qu'il ne garantit aucune forme d'équité. En d'autres termes, ce critère est basé sur la taille du gâteau et ne se préoccupe pas de sa répartition entre agents. L'accent porté par de nombreuses recherches en sciences économiques sur le critère de Pareto peut signifier qu'elles supposent implicitement l'existence d'un système efficace (en fait neutre) de redistribution des richesses.

Formellement, une allocation Pareto optimale satisfait le programme de maximisation suivant :

$$\max_{x_{ih}} U^h(x_{ih}) \quad s.c. \quad \sum_{h=1}^H x_{ih} \leq \sum_{h=1}^H w_{ih} \quad et \quad U^h(x_{ih'}) \geq \bar{U}^h \quad \forall h' \neq h$$

La résolution de ce programme montre qu'un optimum de Pareto satisfait alors la condition d'égalité des taux marginaux de substitution (pour une solution intérieure) :

$$\frac{U_i^h(x^*)}{U_j^h(x^*)} = \frac{U_i^{h'}(x^*)}{U_j^{h'}(x^*)}$$

Nous retrouvons donc une condition définissant un équilibre général concurrentiel, sauf qu'ici aucune référence n'est faite aux marchés et aux prix. Plus formellement, les deux théorèmes fondamentaux du bien être établissent le lien entre un équilibre général concurrentiel et un optimum de Pareto. Le premier théorème énonce qu'un équilibre général concurrentiel est un optimum de Pareto. Le deuxième théorème énonce qu'un optimum de Pareto peut être atteint par un équilibre général concurrentiel et une distribution appropriée des ressources initiales.

L'interprétation courante du premier théorème est la « main invisible » d'Adam Smith : la coordination des actions individuelles autour des prix de marché conduit à une allocation optimale des ressources. Dans cette économie, les prix ne fournissent pas réellement d'information aux agents économiques sur les autres agents. Ils servent juste à coordonner les actions individuelles et permettent aux agents de prendre les meilleures décisions possibles et éviter un gaspillage de ressources. Le deuxième théorème du bien être montre que le marché permet d'atteindre n'importe quelle allocation Pareto optimale. Même si la répartition initiale des ressources est inappropriée, la procédure du marché permet d'atteindre une allocation optimale après un transfert des ressources. Ce second théorème suppose que la puissance publique connaît parfaitement la structure de l'économie (les préférences des agents, leurs dotations initiales dans notre cas simple, les technologies de production également si on introduit la production) pour pouvoir procéder à une redistribution efficace (neutre) des ressources.

Les résultats de ces deux théorèmes reposent bien évidemment sur de nombreuses hypothèses peu réalistes, comme l'absence de biens publics, d'externalités ou encore de comportements de manipulation des prix par certains agents grâce à un pouvoir de marché. C'est cependant par rapport à ce cadre de référence que sont analysées les éventuelles défaillances de marché et les politiques publiques permettant de les corriger au mieux. Dans cette étude, nous nous concentrons sur les dimensions du risque, de l'incertain et corrélativement de la dynamique, ces dimensions étant jusqu'à présent absente.

ii/ L'introduction de l'incertain dans l'équilibre général : la notion de biens contingents

Arrow et Debreu ont rigoureusement formalisé la théorie walrasienne de l'équilibre général dans un contexte stochastique. Ils ont pour cela introduit les notions d'états de la nature et de biens contingents aux états de la nature. Ces nouvelles notions alliées à l'hypothèse d'un système complet de marchés, y compris pour les biens contingents, permettent de retrouver les résultats établis précédemment dans un cadre statique et certain quant à l'efficacité au sens de Pareto de l'équilibre général concurrentiel. **En d'autres termes, la politique du laisser faire est optimale au sens de Pareto s'il existe un système complet de marchés pour les biens contingents**, hypothèse qui est au cœur des débats sur l'efficacité des politiques publiques de gestion des risques et des incertitudes. Voyons donc à quoi cela correspond exactement.

Dans l'approche d'Arrow Debreu, l'incertitude porte uniquement sur les facteurs fondamentaux que sont les dotations factorielles, les préférences des agents économiques et les technologies de production. Pour poursuivre le cas illustratif d'une économie d'échanges pure et simplifier sans préjudice les calculs, nous nous limitons dans ce rapport à une incertitude sur les disponibilités en biens. Concrètement, cela veut dire que les agents économiques ne connaissent pas exactement les niveaux de fruits et légumes qu'ils recevront au début de chaque période à cause de l'effet du climat par exemple. Il n'y a donc pour l'instant que de l'incertitude exogène au fonctionnement des marchés.

Dans ce cadre d'analyse, l'incertitude est formalisée par des états de la nature, c'est-à-dire par une liste finie d'événements (indiqué par $s=1,\dots,S$) qui peuvent se réaliser dans le futur. Le futur peut comprendre plusieurs périodes mais toujours dans un objectif de simplification, nous considérons dans cette section seulement deux périodes. Une première période est la période courante où les agents disposent de dotations courantes mais n'ont aucune information sur l'état exact de la nature qui va prévaloir dans la seconde période et donc leurs dotations en seconde période. Ces dotations peuvent prendre S valeurs pour chaque agent économique. Nous notons w_{ihs}^2 la dotation en bien i par l'agent h lorsque l'état de la nature en deuxième période est s . Par contre, les agents économiques peuvent affecter des probabilités, objectives ou subjectives, à ces états de la nature. Nous notons π_{hs} ces probabilités.

Nous pouvons à présent définir la notion de biens contingents aux états de la nature. Un bien contingent est un contrat échangé en première période (au comptant) entre les agents économiques. Ce contrat stipule pour chaque état de la nature les quantités de chaque bien qui

seront reçues ou délivrées en seconde période. Pour chaque bien physique i ($i=1, \dots, I$), correspondent donc S biens contingents. Au total il y a donc $S \cdot I$ biens contingents. Un bien contingent n'est donc pas un bien standard que l'on peut consommer en première période mais plutôt une promesse de livrer ou recevoir un bien physique si un état de la nature se réalise en seconde période. De tels biens n'existent pas réellement dans la réalité mais certains s'en rapprochent. Par exemple un contrat de maintenance pour un appareil engage le vendeur à réparer l'appareil (ou fournir un nouveau) si celui-ci tombe en panne dans telle ou telle circonstance. Un contrat à terme sur produits agricoles donnant lieu à livraison s'en rapproche également, même si c'est particulier dans la mesure où les promesses sont identiques à tous les états de la nature.

Nous notons x_{ihs}^C les quantités achetées (si positif, vendues si négatif) par l'agent h du bien contingent i, s (avec la normalisation que chaque contrat contingent porte sur une unité du bien physique). Pour définir l'équilibre général concurrentiel avec incertitude, partons de nouveau du comportement des consommateurs supposés maximiser leur utilité sous contrainte budgétaire. Cette utilité dépend maintenant des niveaux de consommation des deux périodes. A la première période où un tel programme doit déjà être résolu, les agents ne savent évidemment pas l'état de la nature qui va se réaliser en seconde période. Ils élaborent donc un plan de consommation pour la période courante et la période future tenant compte de l'ensemble des états de la nature. Nous notons x_{ihs}^2 le niveau de consommation en seconde période du bien i par l'agent h dans l'état de la nature s . Les préférences sont alors spécifiées à partir d'une fonction d'utilité définie sur l'ensemble des niveaux de consommation. Si cette fonction d'utilité satisfait l'axiome d'indépendance de l'utilité espérée, elle peut alors s'écrire :

$$U^h(x_{ih}^1, x_{ih1}^2, \dots, x_{ihs}^2) = \sum_{s=1}^S \pi_{hs} \cdot u^h(x_{ih}^1, x_{ihs}^2)$$

La contrainte budgétaire incorpore à présent la possibilité pour les agents d'acheter en première période des biens contingents. En notant $p_{C_{is}}$ les prix de ces biens contingents, la contrainte budgétaire de la première période s'écrit :

$$p_i \cdot x_{ih}^1 + \sum_{s=1}^S p_{C_{is}} \cdot x_{ihs}^C \leq p_i \cdot w_{ih}^1$$

Cette contrainte définie par rapport aux biens contingents peut se réécrire en fonction des niveaux de consommation grâce à l'identité :

$$x_{ihs}^2 = w_{ihs}^2 + x_{ihs}$$

$$p_i \cdot x_{ih}^1 + \sum_{s=1}^S p_{c_{is}} \cdot x_{ihs}^2 \leq p_i \cdot w_{ih}^1 + \sum_{s=1}^S p_{c_{is}} \cdot w_{ihs}^2$$

Chaque agent peut donc, par ses achats de biens contingents, choisir son plan de consommation pour les deux périodes et ce dès la première période. La résolution du programme d'optimisation du consommateur aboutit de nouveau à une demande nette de biens courants et une demande nette de biens contingents. A l'optimum du consommateur, les taux marginal de substitution entre chaque paire de biens, y compris les biens contingents, sont égaux au rapport de prix.

Dans cette économie d'échanges pure avec incertitude sur les dotations factorielles, un équilibre général concurrentiel dit d'Arrow Debreu est une allocation des biens physiques et contingents et un vecteur de prix courants et de biens contingents qui soient faisables, c'est-à-dire que les demandes nettes sont inférieures ou égales à zéro :

$$\sum_{h=1}^H x_{ih}^1 - w_{ih}^1 \leq 0 \quad \sum_{h=1}^H x_{ihs}^2 - w_{ihs}^2 \leq 0 \Leftrightarrow \sum_{h=1}^H x_{c_{ihs}} \leq 0 \quad \forall s = 1, \dots, S$$

De nouveau, des conditions sur les préférences suffisent pour assurer l'existence, l'unicité et la stabilité de cet équilibre d'Arrow Debreu. De la même manière, un optimum de Pareto est défini comme une allocation de biens physiques et de biens contingents qui est faisable et pour laquelle il est impossible d'accroître le bien être d'au moins un agent sans détériorer celui d'autres agents. Un tel optimum satisfait lui aussi la condition d'égalité des taux marginaux de substitution. Plus généralement, les deux théorèmes fondamentaux du bien être initialement décrits sans incertitude sont toujours valable dans le cadre d'équilibre général Arrow Debreu.

Ce modèle Arrow Debreu rigoureusement exact repose néanmoins sur un jeu d'hypothèses peu réalistes. **Les deux hypothèses les plus critiquées concernent l'existence d'un marché pour l'ensemble des biens contingents et l'hypothèse d'une connaissance parfaite de l'ensemble des états de la nature.** Il faut bien voir en effet que ce modèle suppose l'existence d'un vaste ensemble de marchés à la période initiale sur lesquels les agents formulent des décisions d'achat et vente de contrats pour l'ensemble des périodes futures. Lors de ces périodes futures, les agents se contentent d'honorer les contrats qu'ils ont établi à la période initiale, c'est-à-dire ils livrent (reçoivent) les marchandises physiques dans l'état du monde réellement observé. Ils n'ont aucune incitation à modifier leur niveau de

consommation avec la révélation de l'état de la nature. L'ouverture de marchés au comptant dans les périodes futures n'est donc pas utile. Considérons par exemple la dernière (deuxième dans notre exemple) période avec l'état de la nature noté \bar{s} . Le programme du consommateur est alors :

$$\max_{x_{ih\bar{s}}^2} U^h(x_{ih}^1, x_{ih\bar{s}}^2) \quad s.c. \quad p_{i\bar{s}} \cdot x_{ih\bar{s}}^2 \leq p_{i\bar{s}} \cdot (w_{ih\bar{s}}^2 + x_{c_{ih\bar{s}}})$$

Cela aboutit aux mêmes demandes des consommateurs, avec toujours l'égalité des taux marginaux de substitution aux rapports des prix qui sont supposés parfaitement connus dès la première période. La seule différence est que les consommateurs savent désormais leurs vraies dotations factorielles qui sont augmentées de la valeur de leurs contrats pris en première période.

Le principal message qu'il faut retenir de ces paragraphes est que les marchés sont efficaces et l'intervention publique n'est pas justifiée s'il existe des marchés pour tous les biens contingents, c'est-à-dire des contrats définis sur les biens physiques pour tous les événements futurs possibles. Ce nombre d'événements futurs étant par définition infini, le modèle Arrow Debreu ne résiste pas à l'observation des économies. Les recherches ont alors cherché à assouplir cette hypothèse irréaliste, ce qui a conduit à l'introduction d'actifs réels ou financiers.

iii/ L'incertain et la dynamique dans l'équilibre général : les notions d'actifs et d'anticipations rationnelles

Arrow et Debreu ont toujours reconnu le caractère abstrait de leur modèle d'équilibre général avec biens contingents. De nombreux travaux ont cherché à le rendre plus réaliste en reconnaissant l'inexistence de biens et marchés contingents et en admettant une séquentialité des décisions, c'est-à-dire le fait que les agents prennent de nouvelles décisions à chaque période où une information sur l'état de la nature est révélée. Ces recherches ont donc introduit l'existence de marchés au comptant à chaque période sur lesquels les agents déterminent leurs niveaux de consommation (toujours dans une économie d'échanges pure).

Un système incomplet de marchés de biens contingents à la période initiale justifie l'ouverture lors des périodes futures de marchés au comptant car les agents n'ont pas pu à la première période optimiser leur utilité inter-temporelle. L'existence même de transactions nouvelles dans le futur soulève un problème important : **les agents vont devoir anticiper les**

prix qui prévaudront dans le futur. Il y a donc potentiellement coexistence maintenant de deux sources d'incertitude pour nos agents (toujours dans une économie d'échanges pure) : **une incertitude exogène sur les niveaux des dotations en biens à chaque période d'une part, une incertitude dite endogène ayant pour origine les prix futurs.** Cette seconde incertitude a longtemps été abordée et résolue avec l'hypothèse d'anticipations rationnelles. Cette hypothèse cruciale stipule que les anticipations sur les prix futurs par les agents sont une fonction qui lie chaque état de la nature futur au prix futur qui va équilibrer les marchés. En d'autres termes, cette hypothèse suppose que les agents connaissent parfaitement la fonction de prix et non les prix futurs eux-mêmes. Dès que l'événement futur est connu, ils connaissent avec exactitude le prix futur. Cette hypothèse est évidemment forte : elle implique que les agents économiques ont une connaissance parfaite des vraies lois qui gouvernent leur économie et de l'ensemble des états de la nature. Deux justifications principales ont été avancées pour poser cette hypothèse. D'une part, dans une vision de long terme et d'équilibre stationnaire, l'idée est que les agents peuvent apprendre la vraie structure de l'économie par l'étude de la dynamique de leur économie. Il y a donc un processus d'apprentissage à travers l'observation de cette dynamique qui aboutit à une fonction d'anticipations de prix partagée par tous les agents. D'autre part, c'est une hypothèse qui va permettre dans un cadre moins contraignant de préserver les propriétés d'optimalité du modèle Arrow Debreu.

S'appuyant sur cette hypothèse, Arrow a en effet montré qu'il n'est pas nécessaire d'avoir un système complet ($S \times I$) de marchés et biens contingents pour qu'un équilibre général concurrentiel soit Pareto optimal. La même allocation optimale des ressources peut être obtenue avec un nombre plus restreint de marchés d'actifs (réels ou financiers) et une succession de marchés de biens physiques au comptant. Le nombre d'actifs en première période doit être au moins égal au nombre d'états de la nature. Au lieu de $S \times I$ marchés de biens contingents plus I marchés à la période initiale, il faut donc d'avoir S actifs à la première période puis I marchés physiques à chaque période. L'intuition est que l'arbitrage à la première période entre les différents états de la nature s'effectue à partir de ces actifs (les taux marginaux de substitution entre paires d'états de la nature vont s'égaliser aux prix relatifs de ces actifs) et l'arbitrage entre les biens physiques à chaque période s'effectue sur chaque marché spot (les taux marginaux de substitution entre paires de biens physiques vont s'égaliser aux rapports de prix spots).

Avant de présenter plus formellement ce résultat, précisons ce que l'on entend par actif. Il s'agit d'un titre ou contrat donnant le droit de recevoir dans le futur un montant, de monnaie s'il s'agit d'un actif financier, de biens s'il s'agit d'un actif réel, conditionnellement à la réalisation d'un état de la nature. Un actif est donc caractérisé par un vecteur de paiements selon les états de la nature qui prévaudront dans le futur (que nous notons r_{sk} pour l'actif k avec K le nombre d'actifs) et également par son prix à la période courante (que nous notons q_k). De tels actifs existent dans la réalité. Par exemple, un contrat à terme de marchandises débouclé avant le terme est un actif réel dont le vecteur de paiements est identique à tous les états de la nature ($r_{sk} = r_k$). Une option est un actif dérivé car le vecteur des paiements est fonction des paiements d'un autre actif. Ainsi une option d'achat sur un actif k au prix d'exercice c donne à son détenteur la possibilité d'acheter cet actif k au prix c en seconde période. Le vecteur des paiements de cette option est alors donné par $r_{s,option(c)} = (Max\{0, r_{1k} - c\}, \dots, \{0, r_{sk} - c\})$ car un agent ne va évidemment pas exercer son option en seconde période si le prix effectivement observé est supérieur au prix d'exercice. Une police d'assurance (grêle par exemple) est également un actif qui stipule les indemnités en fonction des états de la nature et la prime est son prix à la période initiale. Par définition, le paiement (ou dividende) que va réellement procurer un actif est incertain à la première période (tout comme les dotations factorielles) mais comme nous allons le voir à présent, l'hypothèse d'anticipations rationnelles réduit considérablement cette incertitude.

Nous montrons maintenant que les deux hypothèses d'anticipations rationnelles d'une part, d'un système complet d'actifs d'autre part conduisent à l'optimalité au sens de Pareto des marchés. Nous poursuivons l'exemple d'une économie d'échanges pur à deux périodes. Plutôt que des biens contingents, nous introduisons maintenant la possibilité pour les agents d'acheter/vendre des actifs en première période. Comme il n'y a que deux périodes, les paiements des actifs ne sont pas des dividendes mais des valeurs de liquidation. Leurs contraintes budgétaires sont alors données par :

$$p_i \cdot x_{ih}^1 + \sum_{k=1}^K q_k \cdot \theta_{hk} \leq p_i \cdot w_{ih}^1$$

$$p_{is} \cdot x_{ihs}^2 \leq p_{is} \cdot w_{ihs}^2 + \sum_{k=1}^K r_{sk} \cdot \theta_{hk} \quad \forall s = 1, \dots, S$$

Avec θ_{hk} les quantités d'actif k achetées par l'agent h . La première inégalité exprime la contrainte budgétaire de la première période ; la deuxième inégalité les contraintes

budgétaires en seconde période pour les différents états de la nature possible. En d'autres termes, la valeur de la consommation à la première période est égale à la valeur des dotations initiales diminuée du coût d'acquisition du portefeuille d'actifs. Si le portefeuille est globalement à découvert, l'agent est alors emprunteur net. A la deuxième période (et terminale), les agents se défont de leur portefeuille d'actifs. Pour les acheteurs nets d'actifs à la période initiale, la valeur de leur consommation en deuxième période est égale à la valeur des dotations effectivement reçues augmentée de la valeur de liquidation des actifs.

Les consommateurs cherchent toujours à maximiser leur utilité inter-temporelle via leurs décisions de consommation et d'achat/vente d'actifs en première et seconde période. Il importe de réaliser ici que pour déterminer ces consommations optimales, les agents doivent en particulier connaître à la première période les prix d'équilibre des biens à la seconde période selon les états de la nature. C'est ici que l'hypothèse d'anticipations rationnelles est cruciale.

Dans cette économie d'échanges pure avec incertitude sur les dotations factorielles et avec actifs, un équilibre général concurrentiel et séquentiel est une allocation des biens physiques à chaque période, un vecteur d'actifs, un vecteur de prix spots à chaque période (et état de la nature) et de prix d'actifs telles que pour chaque agent, ses décisions sont optimales et que les conditions d'équilibre suivantes sont vérifiées :

$$\sum_{h=1}^H x_{ih}^1 - w_{ih}^1 \leq 0 \quad \sum_{h=1}^H x_{ihs}^2 - w_{ihs}^2 \leq 0 \quad \forall s = 1, \dots, S \quad \sum_{h=1}^H \theta_{hk} = 0 \quad \forall k = 1, \dots, K$$

La dernière condition impose l'égalité entre l'offre et la demande globale d'actifs à la période initiale. Un tel équilibre est également désigné sous le terme d'équilibre de plans, de prix et d'anticipations de prix pour bien signifier que l'hypothèse d'anticipations rationnelles est imposée.

De nouveau, de nombreuses recherches ont cherché à étudier les propriétés de cet équilibre, en termes d'existence, d'unicité, de stabilité et d'optimalité. Au-delà des conditions sur les préférences et l'hypothèse d'anticipations rationnelles, ces recherches montrent qu'il faut un nombre minimal d'actifs pour que ces propriétés soient vérifiées et que ces actifs vérifient la condition dite de non arbitrage. Plus précisément, les marchés sont dit complets s'il y a autant d'actifs dont les paiements sont linéairement indépendants que d'états de la nature. L'intuition est que les agents puissent utiliser ces actifs pour transférer de la richesse d'un état de la nature à un autre. Il faut donc que ces actifs couvrent l'ensemble des états de la nature. Ces

actifs peuvent être des actifs dérivés comme les options. La condition d'absence d'opportunité d'arbitrage stipule qu'il n'existe aucun portefeuille d'actifs dont le coût de formation en première période est négatif ou nul et dont les paiements en seconde période sont positifs ou nuls quel que soit l'état de la nature. En d'autres termes, cette condition exprime que le prix d'un actif en première période est donné par l'espérance mathématique de ses paiements pondérés par les utilités marginales du revenu.

Expliquons tout d'abord la condition de complétude en retournant à notre exemple d'une économie à deux périodes et deux biens où les consommateurs ont une incertitude sur le nombre de fruits et légumes qu'ils recevront en deuxième période. Supposons que le nombre d'états possibles de la nature est de 2 et que pour un agent donné, ces dotations en seconde période sont données par (10 unités de légumes, 10 unités de fruits) dans l'état de la nature 1, (20 unités de légumes, 5 unités de fruits) dans l'état de la nature 2.

Supposons à présent l'existence d'un seul actif dont les paiements, exprimés en légumes, sont de 2 unités dans l'état de la nature 1, 1 unité dans l'état de la nature 2. Dans ce cas, les dotations totales qu'il peut construire pour la deuxième période par l'achat/vente d'actif en première période sont données par :

$(10 + 2 * \theta$ unités de légumes, 10 unités de fruits) dans l'état de la nature 1

$(20 + 1 * \theta$ unités de légumes, 5 unités de fruits) dans l'état de la nature 2.

Avec une seule variable de décision (l'achat/vente d'une quantité θ d'actif), cet agent ne peut pas envisager un éventail large de décisions de consommation en seconde période. Il est donc contraint. Si un autre actif est introduit, tel qu'une option avec un prix d'exercice unitaire, avec des paiements de 1 unité de légumes dans l'état de la nature 1 et 0 unité dans l'état de la nature 2, alors les dotations totales que l'agent peut construire pour la deuxième période sont données par :

$(10 + 2 * \theta + 1 * \theta_{c(1)}$ unités de légumes, 10 unités de fruits) dans l'état de la nature 1

$(20 + 1 * \theta$ unités de légumes, 5 unités de fruits) dans l'état de la nature 2

Où l'agent a une autre variable de décision, le nombre d'options $\theta_{c(1)}$. Avec ces deux actifs, l'agent peut établir en première période n'importe quel jeu de dotations pour la seconde période et ainsi peut optimiser son utilité inter-temporelle. Il doit cependant être clair que

cette possibilité est toutefois limitée par les contraintes budgétaires que nous avons identifiées précédemment.

Formellement l'hypothèse cruciale de complétude des marchés d'actifs apparait plus clairement lorsque nous résolvons par étapes le programme complet du consommateur. Pour rappel, ce programme complet est donné par :

$$\begin{aligned} \max \quad & U^h(x_{ih}^1, x_{ih1}^2, \dots, x_{ihS}^2) \\ p_i \cdot x_{ih}^1 + \sum_{k=1}^K q_k \cdot \theta_{hk} & \leq p_i \cdot w_{ih}^1 \\ p_{is} \cdot x_{ihS}^2 & \leq p_{is} \cdot w_{ihS}^2 + \sum_{k=1}^K r_{sk} \cdot \theta_{hk} \quad \forall s = 1, \dots, S \end{aligned}$$

Nous supposons dans une première étape un portefeuille d'actifs et résolvons les consommations optimales de la première période et les consommations optimales dans les différents états de la nature de la seconde période. Ces demandes optimales sont reportées dans la fonction d'utilité, ce qui nous conduit à une fonction d'utilité indirecte dépendante du portefeuille d'actifs :

$$\begin{aligned} x_{ih}^1 &= x_{ih}^1(p_i, w_{ih}^1) = x_{ih}^1\left(p_i, p_i \cdot w_{ih}^1 - \sum_{k=1}^K q_k \cdot \theta_{hk}\right) \\ x_{ihS}^2 &= x_{ihS}^2(p_{is}, w_{ihS}^2) = x_{ihS}^2\left(p_{is}, p_{is} \cdot w_{ihS}^2 + \sum_{k=1}^K r_{sk} \cdot \theta_{hk}\right) \\ U^h &= U^h(v_h^1(p_i, w_{ih}^1), v_{h1}^2(p_{i1}, w_{ih1}^2), \dots, v_{hS}^2(p_{iS}, w_{ihS}^2)) \end{aligned}$$

A partir de cette expression, il apparait que le consommateur peut arbitrer dès la première période entre les différentes consommations de deuxième période si le nombre d'actifs indépendants est au moins égal au nombre d'états de la nature. Dans une seconde étape, nous optimisons cette utilité indirecte par rapport aux actifs détenus. Ces derniers sont solution du système :

$$-\frac{\partial U^h}{\partial v_h^1} \cdot \frac{\partial v_h^1}{\partial w_{ih}^1} q_k + \sum_{s=1}^S \frac{\partial U^h}{\partial v_{hs}^2} \cdot \frac{\partial v_{hs}^2}{\partial w_{ihS}^2} r_{sk} = 0 \Leftrightarrow q_k = \sum_{s=1}^S \frac{\frac{\partial U^h}{\partial v_{hs}^2} \cdot \frac{\partial v_{hs}^2}{\partial w_{ihS}^2}}{\frac{\partial U^h}{\partial v_h^1} \cdot \frac{\partial v_h^1}{\partial w_{ih}^1}} r_{sk}$$

Le portefeuille optimal est donc déterminé de telle manière que le prix d'un actif en première période est égal aux rendements de cet actif en deuxième période pondéré par l'utilité marginale relative du revenu (i.e. l'utilité marginale du revenu dans l'état de la nature s de la

deuxième période divisée par l'utilité marginal du revenu en première période). La condition d'absence d'opportunité d'arbitrage assure l'existence d'une telle solution car celle-ci s'exprime formellement comme :

$$q_k = \sum_{s=1}^S \mu_{sk} \cdot r_{sk}$$

En finance de marché, cette condition stipule tout simplement que le prix d'un actif financier est égale à l'espérance mathématique de ses paiements actualisée au taux d'intérêt, soit encore l'hypothèse d'un marché financier efficient.

Le principal message qu'il faut retenir de ces paragraphes est que **les marchés sont efficaces et l'intervention publique n'est pas justifiée s'il existe des marchés spots pour les biens physiques à toutes les périodes, une structure complète d'actifs permettant de couvrir tous les états de la nature et des anticipations rationnelles de tous les agents**. Par rapport au modèle Arrow Debreu avec biens contingents, le présent modèle avec actifs devient moins théorique, plus proche de la réalité mais reste quand même sur des hypothèses fortes quant à la complétude des marchés d'actifs et la rationalité des agents économiques.

L'analyse présentée ici s'étend, moyennant une complexité de calcul croissante, à des économies sur plusieurs périodes avec la possibilité de la renégociation des actifs à chaque période en fonction des nouvelles informations sur l'état de la nature. Elle s'étend également à une économie de production. Toutefois ces extensions s'appuient toujours sur des hypothèses d'anticipations rationnelles et l'existence d'une complétude des marchés d'actifs. Sur ce dernier point, certains auteurs (par exemple, Ross, 1976) suggèrent qu'il est facile de compléter ces marchés d'actifs grâce aux options sous l'hypothèse intuitive que les coûts de mise en place d'un marché d'options sont nettement moins élevés que l'introduction d'un nouvel actif « primaire ». Par extension, l'ouverture de marchés d'options devrait permettre de restaurer l'efficacité des marchés. Ce résultat doit être correctement interprété. Au-delà de l'hypothèse d'anticipations rationnelles et de l'existence d'incertitudes exogènes seulement, il faut en particulier bien comprendre que ces options sont des actifs dérivés qui sont donc définis sur d'autres actifs primaires. L'optimalité des marchés est effectivement atteinte que lorsque les paiements incertains (en fonction des états de la nature) de ces actifs primaires permettent d'identifier les différents états de la nature. En d'autres termes, une phrase du genre « il suffit de marchés financiers, à terme et d'options, pour compléter efficacement les marchés » est trompeuse et loin de refléter la complexité de la problématique.

iv/ Les anticipations et le risque endogène dans l'équilibre général : le rôle des actifs contingents aux prix futurs

Le précédent modèle d'équilibre général avec actifs s'appuie donc sur l'hypothèse d'anticipations rationnelles des agents qui stipule qu'ils ont tous des capacités de calcul digne d'un planificateur central omniscient, c'est-à-dire doté d'une connaissance parfaite de l'ensemble des états de la nature et des préférences des agents (dans notre économie d'échanges pure). Ils doivent également tous s'accorder sur l'état observé de la nature et l'ensemble des états possibles. Dans ce contexte, les prix observés ne leur apportent pas réellement d'informations nouvelles car les agents économiques sont capables de faire le lien entre ces prix et l'état effectif de la nature. Cette hypothèse est évidemment extrême et plusieurs voies de recherche ont cherché à l'assouplir. Par exemple, l'équilibre général temporaire considère des successions d'équilibre général à chaque période, sachant des anticipations pour les périodes futures formulées par les agents qui influencent leurs décisions présentes. Dans ce champ de recherche plus descriptif que normatif, la forme des anticipations est libre (non contrainte à être économiquement fondée) et les questions principalement étudiées concernent l'existence, l'unicité et la stabilité de ces équilibres temporaires.

L'abandon de l'hypothèse d'anticipations rationnelles introduit alors une nouvelle source d'incertitude dans l'analyse économique. Au-delà des incertitudes exogènes, les agents font également face à une incertitude sur les prix futurs. Cette incertitude est endogène car elle va dépendre des décisions des agents économiques qu'ils prennent en première période et qui influencent évidemment les niveaux initiaux de deuxième période. Dans ce contexte, l'observation des prix fournit des informations sur les états de la nature et également sur les décisions des autres agents. Les prix n'ont plus alors seulement un rôle allocatif permettant l'équilibre, ils apportent également de l'information sur la structure de l'économie. Les prix sont, au moins théoriquement, supposés plus facilement observables que tous les états de la nature, ou encore les préférences des agents, les technologies de production des firmes. Ceci explique d'ailleurs pourquoi il existe plusieurs actifs/contrats contingents aux prix futurs. Un premier exemple est celui de contrats de travail où les salaires sont définis en fonction de l'inflation qui est inconnue à la signature du contrat pour les périodes futures. Les options négociées sur les marchés financiers sont typiquement des actifs contingents aux prix futurs. Pour certains auteurs (par exemple, Kurz et Wu, 1996, Huang et Wu, 1999), l'existence de ces options ne peut s'expliquer que parce qu'il y a une incertitude sur les prix, et donc que les

anticipations des agents ne sont pas parfaitement rationnelles. Cet argument est largement recevable mais il ne doit pas faire perdre de vue que, si les agents ont des anticipations rationnelles, alors cela est équivalent d'avoir des actifs définis conditionnellement au prix futur ou à l'état de la nature futur.

Les options définies conditionnellement aux prix futurs étant une réalité incontestable, la question qui se pose naturellement est de savoir si ces actifs conditionnels pourraient permettre une allocation efficace des marchés même lorsque les agents n'ont pas d'anticipations rationnelles et donc de l'incertitude sur les prix futurs (au-delà de l'incertitude exogène). D'une manière générale, les résultats sont qualitativement similaires à ceux obtenus lorsqu'il n'y a que du risque exogène : il faut un ensemble complet d'options couvrant l'ensemble des prix futurs possibles et encore l'hypothèse d'absence d'opportunités d'arbitrage qui définit le prix en première période de ces options.

Ces résultats sont assez récents (fin des années 90s) et démontrés dans des économies de production, multi-périodiques et avec des risques exogènes. Nous nous contentons encore ici d'un exemple simple avec une économie d'échanges pure à deux périodes. Les dotations sont à présent certaines aux deux périodes. Par contre, les agents ne sont pas capables de parfaitement calculer le prix des biens en seconde période. Au contraire ils forment des anticipations de prix en première période pour les prix de la seconde période. Considérons à nouveau que $s=1, \dots, S$ vecteur de prix sont possibles en deuxième période et que chaque agent formule des anticipations de prix (notées pa_{is}) (éventuellement représentées par une fonction de densité $\pi_h(pa_{is})$). Les agents ont la possibilité en première période d'acheter/vendre des options (européennes car nous n'avons que deux périodes) d'achat (call) ou de vente (put). Ces options sont des contrats générant des paiements en seconde période et ont un prix en première période (prime). Nous supposons qu'il existe $k=1, \dots, K$ options différenciées par leur prix d'exercice. Ainsi une option d'achat au prix d'exercice k_i (k étant compris dans l'ensemble des prix possibles pour la seconde période) pour le bien i génère les paiements $r_C(pa_i, k_i) = \max(0, pa_i - k_i)$. Les paiements pour une option de vente sont donnés par $r_P(pa_i, k_i) = \max(0, k_i - pa_i)$. Les prix en première période de ces actifs sont notés respectivement $q_C(k_i), q_P(k_i)$. Les agents déterminent de nouveau en première période leurs consommations initiales, leurs portefeuilles d'actifs (que nous notons $\theta_C(k_i), \theta_P(k_i)$) de manière à maximiser leur utilité inter-temporelle sous contrainte budgétaire. La construction

de ce portefeuille d'actifs leur permet d'établir des plans de consommation pour la seconde période.

Formellement le programme des consommateurs s'écrit :

$$\begin{aligned} \max \quad & U^h(x_{ih}^1, x_{ih1}^2, \dots, x_{ihS}^2) \\ p_i^1 \cdot x_{ih}^1 + \sum_{k=1}^K q_c(k_i) \cdot \theta_c(k_i) + \sum_{k=1}^K q_p(k_i) \cdot \theta_p(k_i) & \leq p_i^1 \cdot w_{ih}^1 \\ pa_{is} \cdot x_{ihS}^2 \leq pa_{is} \cdot w_{ih}^2 + \sum_{k=1}^K r_c(pa_{is}, k_i) \cdot \theta_c(k_i) + \sum_{k=1}^K r_p(pa_{is}, k_i) \cdot \theta_p(k_i) \end{aligned}$$

Ce programme est donc très proche de celui de la sous section précédente. La principale différence réside dans le fait que la dotation factorielle de seconde période est certaine. Par conséquent, si le nombre d'options linéairement indépendants est suffisant et que les primes des options satisfont la condition de non arbitrage, alors il en résulte un équilibre Pareto optimal. Il est évidemment possible, moyennant une définition plus importante du nombre d'événements (états de la nature et prix futurs), d'étendre ces résultats à la prise en compte de risque exogène sur les dotations factorielles.

Le principal message qu'il faut retenir de ces paragraphes est que les marchés sont efficaces et l'intervention publique n'est pas justifiée s'il existe des marchés spots pour les biens physiques à toutes les périodes, une structure complète d'actifs et d'options permettant de couvrir tous les états de la nature et prix possibles des périodes futures, des marchés d'actifs et d'options efficaces (avec les possibilités d'arbitrage épuisées). Lorsque les agents forment des anticipations rationnelles, alors le nombre d'actifs et d'options nécessaire est moins important. Ces développements théoriques montrent que **les options sont donc nécessaires pour assurer l'efficacité des marchés en cas d'anticipations non rationnelles**. Cela implique que les marchés financiers affectent dans ce cas fondamentalement la sphère réelle. Ensuite il faut bien voir que les prix des options en première période permettent la coordination des anticipations des acteurs sur les prix futurs. Le prix des options est donc une variable économique cruciale également.

Pour résumer, si la prise en compte du risque et de l'incertain générant de l'instabilité des marchés dans l'analyse économique est ancienne, les recherches se sont considérablement développées depuis une cinquantaine d'années à la suite du travail d'Arrow Debreu qui a introduit ces notions dans le cadre formel de l'équilibre général. Toutefois cette

introduction a d'abord été réalisée moyennant des hypothèses contraignantes telles que sur la rationalité des agents économiques dans leur formulation d'anticipations lors de décisions dynamiques. Les recherches plus récentes tentent de relâcher ces hypothèses et mettent en avant le rôle central des marchés contingents aux sources de risques.

*1.b. Impacts de l'incomplétude des marchés face aux différentes sources d'incertitude :
Evidence empirique*

Parmi les recherches en sciences économiques sur le risque, beaucoup ont cherché à mesurer l'importance de l'incomplétude des marchés. Plus précisément, un objectif majeur est de quantifier les effets sur les marchés et le bien être (souvent défini comme la somme des utilités individuelles) du passage d'une économie avec marchés incomplets à une économie avec plus (ou l'ensemble) des marchés. Ces études sont, à notre connaissance, toujours à base de simulations et posent « arbitrairement » des structures de marchés. En d'autres termes, le nombre de marchés est fixé de manière exogène sans chercher à expliquer pourquoi tel ou tel marché existe ou n'existe pas. Comme toujours, les résultats varient fortement d'une étude à l'autre, selon la nature (endogène/exogène) ou la mesure des aléas.

La mesure de l'effet de l'incomplétude des marchés a également fait l'objet de nombreuses recherches en économie agricole. D'une manière générale, les résultats issus de travaux de simulation montrent des effets non négligeables, surtout lorsque la demande de produits agricoles est très inélastique au prix. Ces résultats soulignent également le rôle évident de l'ampleur de l'incertitude (aléas sur les rendements généralement), de la nature de cette incertitude (effet multiplicatif ou additif sur les rendements) et de la forme des fonctions d'offre et de demande (linéaire versus isoélastique). Sans surprise les préférences des agents et notamment leur aversion au risque et la nature de leurs anticipations influencent également fortement les résultats. Finalement il apparaît des gains globaux à une complétude des marchés mais que ces gains sont inégalement répartis : les consommateurs sont les grands gagnants tandis que les producteurs y perdent généralement. **L'intuition est que la complétude des marchés généralement incite les producteurs à produire plus, ce qui tend à diminuer les prix moyens. Cet effet de baisse du prix moyen l'emporte sur l'effet baisse de la volatilité des prix qu'il subisse au niveau de leur utilité finale.**

Les travaux théoriques mettent en évidence le rôle majeur des marchés d'options dans l'efficacité des marchés en présence de risques exogènes et endogènes. Ces marchés

n'existent pas toujours et de nombreuses études évaluant empiriquement les gains à la stabilisation des prix ont raisonné en dehors de ces marchés. Dans ce contexte, les résultats de deux articles nous semblent ici importants à rappeler : le premier porte sur les effets de la nature des anticipations des acteurs, le second sur les effets du stockage privé. Ensuite, nous présentons les résultats de deux autres articles où les actifs contingents aux prix futurs sont modélisés. En fait le deuxième considère en plus une assurance récolte.

i/ L'importance de la nature des anticipations

Très souvent en agriculture mais pas exclusivement (tout comme en économie générale d'ailleurs), l'hypothèse d'anticipations rationnelles des acteurs est posée lorsque les contrats contingents aux prix futurs n'existent pas. Cette hypothèse est posée essentiellement sur des considérations de cohérence théorique. Les études économétriques essayant d'identifier ces anticipations aboutissent en effet à des résultats contrastés et donc cette hypothèse d'anticipations rationnelles ne fait pas l'objet d'un consensus. Cette hypothèse est adoptée en fait surtout faute d'un consensus également sur une hypothèse alternative qui s'appuierait essentiellement sur des informations passées seulement (anticipations naïves, adaptatives/nerloviennes, quasi rationnelles, définies ci-après). L'autre argument majeur avancé pour justifier cette hypothèse d'anticipations rationnelles est que cela permet de capter les décisions des agents économiques lorsqu'un changement futur est annoncé. Par exemple, si la puissance publique décide de supprimer une politique de prix garantis 'élevés' dans les années futures, les producteurs peuvent avant même la mise en place effective de cette réforme débiter une réorientation de leur activité avec de moindres investissements. Ce phénomène d'anticipation ne peut pas être pris en compte par des schémas d'anticipation uniquement basés sur les variables passées. Pour autant, les agents n'anticipent pas forcément correctement dès la première période les effets de la réforme de politique et peuvent faire des erreurs d'anticipation par manque d'information. Il y a donc la place à des schémas d'anticipation plus élaborés entre la rationalité pure et la naïveté ou la myopie. Enfin l'hypothèse d'anticipations rationnelles permet l'analyse des autres imperfections de marché et donc d'isoler les effets de ces autres imperfections par rapport à celle liée aux informations utilisées par les agents économiques.

La question se pose toutefois de savoir quel sont les véritables schémas d'anticipation des différents acteurs opérant sur les marchés agricoles. Cette question cruciale n'est

aujourd'hui pas clairement tranchée, notamment parce que les données habituellement disponibles pour estimer ces schémas ne permettent pas de les identifier indépendamment des paramètres de comportement (voir, par exemple, l'article récent de Just et Just, 2009). La perception des risques et les anticipations formulées par les agents économiques dépendent de l'information dont ils disposent. Ce montant d'information est en fait une variable de décision qui va alors dépendre du coût d'acquisition de cette information par rapport aux bénéfices qu'ils en retirent (Just et Rausser, 2002).

Dans ce contexte, il est utile de rappeler les résultats des travaux qui ont cherché à mesurer l'importance des schémas d'anticipation de la part des producteurs dans les bénéfices potentiels d'une politique de stabilisation des marchés. C'est en particulier l'objet de l'article écrit par Scandizzo et al. (1983). Cet article développe un modèle sur un marché en économie fermée, avec une fonction d'offre et une fonction de demande, les deux fonctions étant iso-élastiques. Il y a un décalage entre les décisions de production et les ventes, d'où les anticipations de prix de la part des producteurs. Deux sources de risque sont incluses dans l'analyse empirique, un risque exogène sur les rendements agricoles et un risque endogène sur les prix. Malgré cette incertitude sur les rendements et les prix futurs, les producteurs et consommateurs sont supposés neutres vis-à-vis du risque. Les producteurs maximisent donc leur profit espéré et les consommateurs, n'ayant pas de comportement dynamique, leur utilité instantanée. Plusieurs schémas d'anticipation de la part des producteurs sont spécifiés, dont le prix de l'année passée (anticipation naïve), une moyenne des prix passés avec une pondération décroissante dans le temps (anticipation adaptative) et une anticipation rationnelle (où les producteurs connaissent la vraie structure de l'économie, donc la forme de la fonction de demande). Deux situations extrêmes sont considérées. Dans une première situation, aucun instrument de gestion des risques n'est disponible. Dans une seconde situation, une stabilisation complète des prix au prix moyen calculé hors risque exogène est supposée possible via des stocks sans aucun coût. Les auteurs reconnaissent le caractère extrême de cette seconde situation car elle peut conduire à des stocks considérables et l'activité de stockage n'est pas à coût nul. Mais cela leur permet tout de même d'apprécier en relatif l'effet des hypothèses sur les anticipations dans le passage d'une situation d'incomplétude des marchés à celle de marchés plus complets où il n'y a plus de risque prix. Soulignons finalement que ces calculs sont réalisés dans un cadre statique et donc les résultats doivent être considérés pertinents seulement à l'équilibre stationnaire.

Les résultats principaux de cet article sont fournis dans le tableau 1.1 ci-dessous pour des valeurs intermédiaires des élasticités prix de l'offre et de la demande (0,5 pour les deux fonctions en valeur absolue) et du coefficient de variation de l'aléa sur les rendements (0,25). Les effets sur le bien être sont mesurés en pourcentage de la valeur de la consommation au point moyen lorsqu'il n'y a pas de risques exogènes. Cette présentation des résultats est courante car elle facilite la comparaison des résultats entre études.

Tableau 1.1. Gains à la stabilisation des prix (stockage à coût nul) selon les schémas d'anticipation des producteurs (en % de la valeur de la consommation hors risques exogènes)

Anticipations de prix	Producteurs	Consommateurs	Total
Rationnelles	-17,9	26,8	8,9
Adaptatives	-0,2	16,2	15,9
Naïves	49,3	34,0	83,4

Source : Scandizzo et al., 1983

Les résultats obtenus par ces auteurs montrent donc que, sous l'hypothèse de coûts de stockage nuls, une stabilisation complète des prix au prix moyen permet un gain de bien être collectif s'élevant à 8,9% de la consommation lorsque les anticipations des producteurs sont rationnelles. Ce gain collectif vient en fait exclusivement des gains enregistrés par les consommateurs dont le surplus augmente de 26,8%. Au contraire, les producteurs perdent à une telle stabilisation, perte s'élevant à 17,9% de la valeur de la consommation. L'intuition est que les consommateurs ne subissent plus les situations de forte hausse des prix qui peuvent survenir lorsque les rendements exogènes sont faibles. Le raisonnement est bien évidemment inverse pour les producteurs. C'est principalement cet effet écrêtement des pics qui est à l'origine de ces effets de surplus. En effet, les auteurs ont analysé la sensibilité de ces résultats aux différents paramètres, dont l'élasticité de la demande. Lorsque cette dernière augmente de 1% en valeur absolue (soit de 0,5 à 0,505), les gains pour les consommateurs consécutif à la stabilisation complète diminuent de 20% (soit 21,4% contre 26,8%), ceux des producteurs augmentent (ils ne diminuent plus que de 16,2%) et au niveau global le gain augmente plus modestement (7,8%). En effet, lorsque la demande devient moins inélastique,

les pics de prix sont moins importants et par suite les effets surplus moins prononcés également.

Malgré donc une information parfaite supposée avec l'hypothèse d'anticipations rationnelles, il est possible d'améliorer l'allocation des ressources, pourvu que le stockage soit gratuit. **Cet article montre surtout que les gains d'une stabilisation à coût nul des prix sont d'autant plus forts que les anticipations de prix s'écartent de la rationalité parfaite.** Au niveau collectif, ces gains s'élèvent à 15,9% lorsque les anticipations sont adaptatives et de 83,4% lorsque les anticipations sont naïves. Il apparaît même dans ce dernier cas que les producteurs gagneraient également à une stabilisation complète des prix. Toutefois il apparaît que les résultats sous l'hypothèse d'anticipations naïves sont très sensibles aux valeurs des paramètres. Peut être les auteurs ont-ils rencontré des problèmes de convergence de leur modèle qu'ils ne mentionnent pas. Dans le cas avec anticipations adaptatives où les problèmes de convergence sont vraisemblablement moins importants, les résultats apparaissent nettement plus robustes à ces paramètres structurels. Ils sont conformes à l'intuition, comme l'effet massif de l'élasticité de la demande.

Le message qu'il faut retenir de cet article et que les auteurs soulignent avec force est que les anticipations de prix ont un impact majeur sur les effets attendus d'une complétude des marchés des risques et par conséquent qu'une priorité est de rendre plus accessible (moins coûteux) les informations sur les marchés et leurs structures.

ii/ Le rôle du stockage privé

Le précédent article ignore donc la manière dont la stabilisation est atteinte, ou comment les marchés sont complétés. Il est implicitement fait allusion à des stocks tampons opérés sans coût, ce qui est évidemment peu réaliste. L'autre hypothèse implicite et également peu réaliste de cet article est que des stocks physiques sont toujours disponibles, même si l'économie devait enregistrer sur plusieurs périodes des chocs négatifs de rendements. L'on pourrait alors aboutir à une situation de stocks vides, auquel cas il n'est plus physiquement possible de lisser les prix.

Une modélisation plus réaliste de l'activité de stockage a été proposée dans les travaux de Gardner, Glauber, Miranda, Williams et Wright. D'une manière générale, ces travaux montrent que l'activité de stockage permet d'établir un lien entre les périodes et donc complète partiellement les marchés par rapport à la situation sans stockage. Par rapport aux

modèles théoriques de la première section basés sur le modèle Arrow Debreu, l'on peut en effet dire que l'activité de stockage offre une variable de décision pour les agents économiques leur permettant de se préparer aux différents états de la nature qui se révéleront dans les périodes futures.

Parmi l'ensemble des articles sur le stockage compétitif, c'est-à-dire privé, les résultats de l'article de Wright et Williams (1984) méritent d'être exposés et traduisent bien les enseignements des autres articles. Deaton et Laroque (1992) offre également une analyse économique du stockage assez similaire, leur principal apport étant de fournir une validation économétrique. Dans le cadre de ce rapport, nous retenons donc l'article de Wright et Williams. Cet article considère de nouveau une économie fermée avec un producteur représentatif et un consommateur représentatif. Il y a de nouveau un décalage entre les décisions de production et les ventes, d'où les anticipations de prix de la part des producteurs. Mais les entreprises de stockage doivent également formuler des anticipations de prix pour décider de stocker des quantités supplémentaires ou déstocker des quantités disponibles. En effet, dans tous ces travaux, le niveau de stocks détenus par ces entreprises est tel que le coût d'acquisition des stocks plus le coût de stockage est égal à la valeur anticipée de ces stocks à la période future. Cette dernière dépend du taux de dépréciation des stocks, généralement considéré comme connu, et du prix anticipé des marchandises à la période suivante. Comme indiqué précédemment, la majorité de ces travaux suppose des anticipations rationnelles à la fois des producteurs et des stockeurs, même si leurs décisions ne sont pas réalisées à la même période et donc n'utilisent pas exactement le même niveau d'information. Les stockeurs en effet sont supposés connaître le rendement de la période actuelle et font face à l'incertitude uniquement sur les rendements futurs. Le producteur lui ne connaît pas les rendements de toutes les périodes futures.

A notre connaissance, dans la majorité de ces travaux sur le stockage compétitif, les agents sont supposés neutres au risque. Deux raisons sont fréquemment évoquées pour justifier cette hypothèse. D'une part, cela permet de simplifier l'analyse et faciliter les calculs empiriques. D'autre part et plus conceptuellement, ces auteurs font l'hypothèse que les consommateurs consacrent une faible partie de leur revenu au bien considéré et donc l'aversion au risque ne joue pas beaucoup et que les producteurs ont de nombreuses possibilités pour gérer les effets des risques (diversification des activités, des financements). L'hypothèse sur les consommateurs est évidemment plus acceptable dans les pays développés que dans les pays en voie de développement. Pour ces derniers, des travaux récents ont introduit de l'aversion

au risque au niveau des consommateurs et l'absence de marchés d'options, qui viennent tempérer les effets bénéfiques du seul stockage compétitif (Gouel, 2010). L'hypothèse sur la neutralité au risque des producteurs nous semble plus problématique et n'a été que récemment relâchée en particulier par Lence (2009), article qui sera décrit ci-après.

Dans ce cadre d'analyse avec neutralité vis-à-vis du risque, ces auteurs simulent la dynamique des marchés avec et sans stockage, et selon différents niveaux du coût unitaire de stockage et d'élasticité prix de l'offre et de la demande (ces résultats sont en partie reportés dans le chapitre 12 de Williams et Wright, 1991). Les résultats de ces simulations lorsque l'élasticité de l'offre est égale à 0,2 et le coût unitaire de stockage est nul sont reportés dans le tableau 1.2.

Tableau 1.2. Gains permis par le stockage compétitif selon les élasticités de la demande (en % de la valeur de la consommation)

Élasticité de la demande	Producteurs	Consommateurs	Total
-0,2	-10,3	15,0	4,7
-0,5	-0,6	1,4	0,8

Source : Wright et Williams, 1984

Sans être complètement comparables aux résultats précédents de Scandizzo et al. car les élasticités ne sont pas exactement les mêmes, ni le coefficient de variation des rendements, **ces résultats montrent quand même l'effet bénéfique de cette activité de stockage qui complète partiellement les marchés**, à vrai dire complètement dans le cadre des hypothèses adoptées par Wright et Williams. De nouveau, les producteurs y perdent et les consommateurs y gagnent. L'effet majeur de l'élasticité de la demande apparait clairement ici. Lorsque celle-ci augmente de 0,2 à 0,5 en valeur absolue, alors les bénéfices globaux apportés par le stockage compétitif diminuent de plus de 80%. Ces résultats sont complétés dans le chapitre 12 de Williams et Wright (1991), page 356 par un graphique très intéressant montrant les effets relatifs du stockage compétitif par rapport à une stabilisation complète des prix comme simulée par Scandizzo et al. Ce graphique montre que les gains par le stockage compétitif approchent 50% seulement des gains d'une stabilisation complète lorsque les coûts unitaires

de stockage sont nuls. La différence vient du fait qu'il survient des périodes où les stocks sont nuls et ne peuvent plus donc assurer une stabilisation complète des prix. En appliquant cette correction, nous retrouvons alors des résultats tout à fait comparables à ceux de Scandizzo et al. Ce même graphique montre logiquement que plus le coût unitaire de stockage est élevé, moins les gains sont importants. Par exemple, lorsque ce coût unitaire atteint 10% de la valeur du prix du produit en moyenne (sans aléa), alors les gains procurés par le stockage compétitif ne représentent plus que 20% des gains d'une complète stabilisation des prix.

Le message qu'il faut retenir de cet article est que le stockage compétitif permet de partiellement compléter les marchés et donc augmente le bien être collectif. Ceci dit, cette activité concurrentielle ne peut pas procurer les effets théoriques maximaux d'une stabilisation complète des prix, surtout parce que les stocks physiques ne peuvent pas devenir négatifs et également parce que l'activité de stockage supporte des coûts de production. Cet article illustre également clairement l'impact massif de l'élasticité de la demande au prix.

iii/ L'impact de l'ouverture d'un marché à terme

L'effet de l'ouverture d'un marché à terme sur le comportement des producteurs agricoles et par suite sur les dynamiques de marché ont suscité de nombreuses recherches en économie agricole ces trente dernières années. Les premiers travaux, comme par exemple l'article de Turnvosky et Campbell (1985) ont traité cette question avec des hypothèses simplificatrices pour obtenir des solutions analytiques. Ainsi ces auteurs considèrent un bien stockable mais ne prennent pas en compte que les stocks puissent devenir nuls. Or comme cela a été rappelé ci-dessus par les travaux de B. Wright, cette caractéristique des marchés physiques (par rapport aux marchés financiers notamment) est très importante dans l'analyse de l'efficacité des marchés. De même, ces auteurs ont considéré des risques exogènes additifs, c'est-à-dire que le risque est indépendant du niveau des intrants (tels que les engrais et pesticides), ce qui est encore plus problématique que des risques exogènes multiplicatifs, c'est-à-dire où le risque est dépendant du niveau de rendement initialement visé avec les intrants.

L'article récent de Lence (2009) nous paraît illustrer le mieux dans le cas agricole l'effet de l'ouverture d'un marché à terme. Le modèle, appliqué au secteur du caoutchouc naturel, considère explicitement trois acteurs dans une économie fermée : les producteurs, les consommateurs et les stockeurs. En fait un quatrième type d'acteurs est implicite dans cet article, les « spéculateurs » opérant sur les marchés à terme et qui permettent aux producteurs

de caoutchouc de se couvrir contre les risques prix. Mais la modélisation de leur comportement est implicite seulement car il est supposé que les marchés à terme sont efficients, c'est-à-dire que les prix à terme sont égaux à l'espérance de prix de la période future sachant les informations de la période courante. Dans cet article, de nouveau l'hypothèse d'anticipations rationnelles des producteurs et stockeurs est posée. Les consommateurs et les stockeurs sont supposés neutres au risque. A l'inverse, les producteurs sont supposés averses au risque et donc souhaitent des solutions pour gérer leurs risques. La fonction d'utilité instantanée des producteurs est de type CARA (Constant Absolute Risk Aversion), c'est-à-dire que les producteurs ont une aversion absolue au risque constante. Concrètement, cela signifie que le niveau de richesse de ces agents n'influence pas leur attitude vis-à-vis d'une situation risquée. Malgré toutes les difficultés à bien mesurer cette aversion au risque, cette hypothèse n'est généralement pas confirmée par les études économiques qui montrent plutôt des aversions au risque de type DARA (Decreasing Absolute Risk Aversion), c'est-à-dire où le niveau de richesse influence ce comportement. Néanmoins il s'agit déjà d'une amélioration certaine par rapport au modèle sans aversion au risque qui permet de mieux simuler l'impact de l'ouverture d'un marché à terme.

Trois sources de risques exogènes sont introduites dans le modèle : une première porte sur la demande et veut refléter les incertitudes sur les prix des autres produits et les revenus des consommateurs, une deuxième porte sur l'offre et veut refléter l'impact du climat sur les rendements. La dernière source porte sur la transmission des prix entre le prix au stade de la production et le prix au stade de la consommation et veut refléter les incertitudes sur la logistique ou les taux de change. Deux situations sont considérées : une première où les producteurs n'ont aucun outil de gestion des risques, au-delà de leur niveau de production. Dans la deuxième situation, les producteurs ont la possibilité d'utiliser des marchés à terme pour gérer les risques prix. Par définition, cela vient donc compléter partiellement les marchés et cela ne peut être qu'efficace au sens de Pareto. Plus précisément, l'auteur va distinguer les effets de l'introduction d'un marché à terme selon le nombre de producteurs y participants. Ce nombre est une variable exogène dans cet article.

Tableau 1.3. Gains permis par les marchés à terme selon le pourcentage de producteurs y participant (en % de la valeur de la consommation dans la situation sans marchés à terme)

Part des producteurs sur marchés à terme	Producteurs	Consommateurs	Total
10%	~-0,1	0,4	~0,3
75%	~-0,2	2,4	~2,2
100%	~-0,4	2,8	~2,4

Source : Avec quelques approximations à partir de la figure 1 de Lence (2009)

Sans surprise, l'auteur montre que les effets bénéfiques de l'introduction du marché à terme sont d'autant plus forts que le nombre de producteurs y participant est élevé. L'intuition est de nouveau que ce marché à terme entraîne une production supplémentaire des producteurs en moyenne, et simultanément une baisse des prix en moyenne. Cette dernière est supérieure en valeur absolue à la hausse de la production car la demande est inélastique au prix. Cela aboutit alors à une baisse du surplus des producteurs. L'auteur montre plus précisément que, tant que le nombre de producteurs participant au marché à terme est faible (moins de 70%), alors ces producteurs y gagnent et les autres (ceux qui n'y participent pas) y perdent. Au total, les pertes des seconds sont toujours supérieures, en valeur absolue, aux gains de premiers. Lorsque ce nombre dépasse les 70%, alors tous les producteurs y perdent. A l'inverse, les consommateurs gagnent toujours et le bien être collectif est toujours plus élevé.

Les effets bien être total sont assez faibles en pourcentage, notamment par rapport à ceux obtenus par Williams et Wright : seulement 2,5% contre près de 5% pour des jeux d'élasticité prix de la demande assez proche (-0,25 dans Lence, -0,2 dans Williams et Wright). Cela est finalement assez intuitif car la base de comparaison utilisée par Lence est une situation avec stockage compétitif et anticipations rationnelles. Il n'est dès lors pas trop surprenant que l'effet additionnel d'une solution nouvelle (le marché à terme) soit inférieur à l'effet du premier mécanisme (le stockage compétitif). L'ajout du marché à terme vient surtout satisfaire le besoin de couverture des producteurs averse au risque mais, comme nous venons de le voir, cette solution du marché à terme joue dans un double sens : apport de couverture

contre les risques prix d'un coté, incitation à la production qui fait diminuer les prix moyens de l'autre.

Le message qu'il faut retenir de cet article est qu'un marché à terme permet de partiellement compléter les marchés et donc augmente le bien être collectif. Ceci dit, il faut bien voir que dans cet article, cette solution privée vient en complément de l'activité de stockage compétitif qui fournit déjà des gains globaux. Cette solution est potentiellement intéressante pour les agents y participants, forcément pénalisante pour les autres.

iv/ L'impact de l'ouverture d'un marché à terme et d'une assurance récolte compétitive

Le précédent article introduit trois sources de risques (production, demande, logistique) et seulement la solution du marché à terme. Le producteur n'a, au-delà de ses choix de production et couverture contre le risque prix, pas de réelles solutions pour gérer ses risques production. Il n'est donc pas dans une situation de marchés complets où ses deux risques, production et prix, peuvent être gérés. C'est l'objet de l'article de Myers (1988) qui considère une économie fermée et dans une première version deux agents explicitement, les producteurs et les consommateurs. Le produit en question est implicitement supposé non stockable, d'où l'absence des stockeurs. En fait, le modèle développé est statique car l'auteur considère les effets de ses instruments à l'état stationnaire. De nouveau, les « spéculateurs » opérant sur les marchés à terme, lorsqu'ils existent, sont implicitement représentés. Les assureurs sont naturellement introduits lorsque l'assurance récolte est permise.

Deux sources exogènes de risques sont spécifiées dans ce modèle : un risque de production et un risque de demande. Les deux risques sont de nature multiplicative. Le producteur est supposé averse au risque avec une aversion relative au risque constante avec la richesse (CRRA). Dans un premier temps, le producteur n'a aucune possibilité de gérer les risques production et prix, sauf à jouer sur son niveau d'intrants variables et son output. Sa dotation en facteurs fixes, travail et terre, est supposée fixe et la rémunération de ces facteurs reflète les risques supportés par le producteur. Dans un second temps, l'auteur suppose que les producteurs peuvent utiliser les marchés à terme et une assurance récolte. Les marchés à terme sont supposés non biaisés (le prix à terme correspond à l'espérance du prix futur sachant les informations présentes). Les assureurs sont supposés fournir une assurance récolte et la prime est calculée de manière actuarielle. En fait, comme le titre du papier le suggère, ces deux marchés, marchés à terme et assurance, sont supposés idéaux dans le sens où il n'y a

aucun coût de transaction sur le premier, aucun coût de gestion inclus dans la prime pour le second. L'auteur adopte en fait l'hypothèse que le secteur de l'assurance est parfaitement concurrentiel, que les assureurs sont neutres vis-à-vis du risque car ils diversifient leur portefeuille. Cela implique même en plus qu'ils ne font face à aucun problème d'asymétries d'informations, ce qui est évidemment une hypothèse extrême. Plus généralement les anticipations sont supposés rationnelles. Dans ce contexte, Myers montre théoriquement que le producteur se comporte comme s'il ne faisait pas face à des risques, d'où la complétude des marchés.

Pour simuler les impacts de ces marchés et assurance, Myers calibre les paramètres de son modèle théorique de manière à vouloir refléter les caractéristiques de l'agriculture américaine. Les résultats du tableau 1.4 correspondent au cas avec « forte » élasticité de l'offre (car les facteurs fixes représentent dans le calibrage 50% de la valeur de la production) et une aversion au risque élevé (le coefficient d'aversion relative au risque est de 3).

Tableau 1.4. Gains permis par les marchés à terme et une assurance récolte compétitive selon l'élasticité prix de la demande (en % de la consommation totale par rapport à la situation sans marchés à terme ni assurance)

Élasticité prix de la demande	-0,2	-0,8
Espérance prix	-4,3	-3,9
Espérance production	0,8	3,1
Surplus producteur	-3,0	2,3
Surplus consommateur	0,8	0,7
Effet total	0,7	0,8

Source : Myers, 1988.

Les résultats quantitatifs sont conformes à la théorie : la complétude des marchés permises par l'ouverture d'un marché à terme et une assurance récolte compétitive améliore le bien être de l'économie. Les gains globaux sont relativement faibles, moins de 1% et ce quelque soit l'élasticité prix de la demande. Ces chiffres apparaissent donc plus faibles que les études précédentes mais cela est en fait normal car la base de la comparaison n'est pas la valeur de la consommation agricole mais la consommation totale. Comme le modèle est calibré en

supposant une consommation agricole représentant 20% du revenu du consommateur, il faut donc multiplier par 5 ces chiffres de l'effet total pour être comparable avec les études précédentes. Cela conduit donc à des effets totaux plus classiques.

De nouveau, nous constatons que l'élasticité prix de la demande a un impact majeur, surtout pour les effets sur le surplus des producteurs. Celui-ci diminue lorsque la demande alimentaire est très inélastique, toujours sous l'effet négatif de l'espérance du prix. Cet effet négatif est moindre et compensé par l'effet variance au niveau du surplus du producteur lorsque l'élasticité de la demande est égale à $-0,8$. De manière un peu surprenante, l'effet des marchés contingents sur le surplus total augmente avec l'élasticité de la demande alors qu'il diminuait dans les études précédentes (voir analyse de Wright et Williams). Cela vient du fait d'une forme de synergie dans les nouveaux marchés introduits. En effet, l'introduction du marché à terme supprime le risque prix pour le producteur qui augmente alors sa production. Comme le risque productif est multiplicatif, cela augmente simultanément la variance de la production et par suite l'intérêt de l'assurance récolte.

Le principal message qu'il faut retenir est que les gains d'une complétude des marchés sont de l'ordre de 5% de la valeur du marché mesuré au prix consommateur, que les gains sont toujours positifs pour les consommateurs et peuvent être négatifs pour les producteurs en cas de forte inélasticité de la demande.

Pour résumer, les analyses empiriques montrent que le passage d'une structure incomplète de marchés à une structure complète contribue à une augmentation du bien être au sens de Pareto mais que cette augmentation ne bénéficie pas à tous les acteurs économiques. Au contraire, les producteurs agricoles sont généralement perdants à la complétude. Sur un plan plus quantitatif, il apparaît que les effets bénéfiques globaux dépendent énormément de l'élasticité prix de la demande, que la nature des anticipations est déterminante également. Les instruments de gestion des risques ne sont pas complètement substituables mais leur efficacité dépend fortement de la présence ou non des autres instruments.

1.c. Incomplétude des marchés face aux différentes sources d'incertitude : L'efficacité d'instruments de politique agricole

Les études précédentes mesurent donc les gains potentiels liés à la complétude des marchés sans expliquer pourquoi les marchés contingents n'existent pas, sans faire non plus intervenir la puissance publique. Toujours dans une optique d'incomplétude inexpliquée des marchés,

d'autres études ont cherché à légitimer l'intervention publique. Comme indiqué précédemment, le marché n'aboutit pas à une allocation optimale des ressources lorsque les marchés sont incomplets et dès lors l'action publique peut améliorer cette allocation. Cela ne veut pas pour autant dire que n'importe quelle instrumentation, ni n'importe quel niveau de ces instruments est souhaitable. Ces études cherchent en fait à trouver la combinaison optimale d'instruments permettant, dans un contexte de marchés incomplets, une meilleure allocation, souvent au sens de Pareto, des ressources.

La question de la légitimité de l'intervention publique en présence de marchés incomplets est loin d'être spécifique au secteur agricole entendu au sens large. De nombreux articles s'intéressent toujours à cette question et l'un des plus fameux est sans doute celui de Newberry et Stiglitz justifiant une politique de taxation à l'importation. Cet article théorique est très souvent cité dans la littérature en économie agricole et donc mérite d'être rapidement exposé, même s'il ne contient aucun chiffre agricole. Nous détaillons ensuite quatre autres papiers mettant en œuvre trois autres jeux d'instruments utilisables en politique agricole. Les trois premiers excluent les marchés à terme : il s'agit tout d'abord de l'article de Innes qui étudie des prix d'intervention avec quotas de production, ensuite le récent article de Gouel qui considère du stockage public, enfin l'article de Leathers et Chavas qui montrent en particulier l'effet d'une intervention sur le crédit face à un risque de défaut. Nous terminons par l'article de Lapan et Moschini qui intègre les marchés à terme et le fait que ceux-ci ne sont pas disponibles à toutes les dates futures.

i/ L'efficacité d'un droit de douane prohibitif

L'article de Newberry et Stiglitz est très cité, notamment parce que son titre est très accrocheur « Pareto Inferior Trade ».² Dans cet article, ces auteurs développent un modèle théorique d'équilibre partiel à deux marchés et deux pays. Il existe un risque de production dans chacun des pays pour une seule production et, pour simplifier les calculs analytiques, il est supposé une corrélation négative entre ces deux risques, c'est-à-dire que si le niveau de production varie dans un pays, il varie dans le sens inverse dans l'autre pays. Le résultat général (Pareto inferior trade) vaut toujours tant que les risques ne sont pas parfaitement corrélés positivement. A la demande, les auteurs supposent une utilité de type Cobb Douglas

² Eaton et Grossman (1985) ont également démontré l'effet Pareto améliorant d'un droit de douane dans le cas d'un modèle d'équilibre général pour une économie ouverte. L'intuition est similaire à l'article de Newberry et Stiglitz.

si bien que la part de revenu allouée à chacun des biens est fixe. Là encore cette hypothèse simplifie les calculs mais, comme les auteurs le soulignent dans leur discussion, le niveau de substitution entre les biens influe fortement le résultat général (voir ci après).

Dans ce contexte, lorsque les échanges entre les deux pays ne sont pas autorisés du fait d'un droit de douane prohibitif, la demande a un rôle stabilisant sur les revenus de la production risquée car le prix varie en sens inverse de l'offre. A l'ouverture aux échanges, le prix ne varie plus (du fait de la parfaite corrélation négative ; il varierait nettement moins si la corrélation était moins forte), si bien que les revenus de la production risquée ne sont plus stables. Si les producteurs sont averses au risque et n'ont pas la possibilité de s'assurer/diversifier leurs sources de revenu à travers des marchés de capitaux (par achat des moyens de production de l'autre pays), alors ces producteurs vont être pénalisés par l'ouverture aux échanges. Ils vont alors moins produire. Pour les consommateurs, l'ouverture aux échanges peut paraître positive car le prix est désormais stable. Mais il va être stable à un niveau plus élevé pour la production risquée du fait de l'aversion au risque des producteurs qui les incite à moins produire. Il en résulte donc une nouvelle allocation des moyens de production qui certes conduit à réduire la volatilité des prix mais qui augmente le niveau général de ceux-ci. L'effet total peut alors être négatif. **Il en découle qu'une politique de protection totale des pays dans la production du bien risqué peut être Pareto améliorante.**

Étant données les implications politiques de ce résultat, les auteurs sont prudents dans la portée de celui-ci. Ils soulignent en conclusion l'importance des hypothèses sur l'incomplétude des marchés de gestion des risques et sur la demande : le résultat majeur ne tient pas lorsque la demande est « fortement » inélastique (inférieur à 0,5 en valeur absolue). Les auteurs montrent également qu'il faut une certaine fixité dans la dotation factorielle. Si les agents économiques peuvent se couvrir contre le risque de revenu en achetant des parts de capital dans le pays étranger, alors leur revenu est stable y compris après l'ouverture à l'échange. La restriction sur l'échange de produits vient en quelque sorte corriger la restriction imposée sur la propriété des facteurs de production.

Eaton et Grossman sont nettement plus réservés sur l'optimalité d'une politique commerciale pour pallier les effets de l'incomplétude des marchés. Pour ces derniers, une politique publique de taxation/subvention des revenus des agents apparaît plus préférable à la politique d'intervention sur les marchés pour les pays développés où le système public de taxation/redistribution fonctionne mieux.

ii/ L'efficacité d'un mécanisme de prix garantis et quotas de production

Les prix garantis, les subventions variables à la production, les quotas de production ou encore le gel des terres sont des instruments traditionnels des politiques agricoles dont les effets ont été largement étudiés. La majorité de ces études considérait cependant des cadres certains sans aucune imperfection (incomplétude) de marchés et concluait évidemment à l'inefficacité de ces instruments. Innes (1990) offre une analyse intéressante et novatrice de ces instruments dans un univers stochastique avec marchés incomplets. Dans ce contexte de second rang, il montre (et quantifie) que ces instruments traditionnels peuvent être Pareto améliorants.

Plusieurs hypothèses simplificatrices sont posées dans cette étude de manière à obtenir des résultats analytiques d'abord, empiriques ensuite. Il est développé un modèle d'équilibre général statique avec deux agents représentatifs (producteurs, consommateurs) dans une économie fermée. Une seule source de risque est spécifiée dans ce modèle, un aléa multiplicatif sur les rendements. Ces rendements ne peuvent prendre que deux valeurs équiprobables. Dans ce modèle statique, le stockage est exclu et le modèle se veut être une représentation d'un état stationnaire dans lesquels les agents (en fait les producteurs) ont des anticipations rationnelles. En effet, ces producteurs décident au début de la période leur niveau espéré de production, tenant compte de la réaction de la demande. Ces producteurs sont averses au risque (selon une utilité de type CARA) mais font face à des marchés incomplets dans le sens où ils ne peuvent pas se couvrir contre le risque de production. Il n'y a donc pas de systèmes d'assurance ou de marché à terme pour le risque prix induit. Les décisions des producteurs portent donc sur leurs niveaux d'intrants variables (terre et inputs intermédiaires).

Grâce à la simplification à deux états de la nature, l'auteur peut alors montrer que les taux marginal de substitution entre les deux états de la nature ne sont pas identiques pour les producteurs et consommateurs. Le marché seul ne conduit donc pas à une situation pareto optimal. Du coup, il est possible pour les pouvoirs publics d'améliorer la situation. Un prix minimum pour le producteur va inciter le producteur à produire plus et donc, dans le cas où la nature se révèle défavorable, les conséquences pour le consommateur sont moindres (plus grande disponibilité de produits). Certes, quand la nature se révèle favorable en termes de production, le consommateur paie des subventions pour que le producteur touche le prix

minimum mais dans ce cas, le prix du bien agricole est faible si bien que son utilité marginale du revenu ici est plus faible que dans l'autre cas. Le transfert permis par le prix minimum est donc bénéfique pour le consommateur lorsque l'utilité marginale de son revenu est décroissante. De même, le transfert permis par le prix minimum est bénéfique pour le producteur qui touche des subventions uniquement lorsque son revenu est faible. Il est certes pénalisé lorsque son revenu est fort consécutif à une nature défavorable. En effet, sous l'hypothèse d'un aléa multiplicatif, le prix minimum l'incite à produire plus et même dans ce cas, il a quand même produit plus et le prix de marché est plus faible. Cet effet négatif est cependant moindre en valeur absolue que l'effet positif lorsque les subventions sont positives parce que le producteur est averse au risque.

L'auteur a ensuite cherché à quantifier les politiques optimales et a calibré les paramètres de comportement de son modèle pour représenter la situation de pays développés. Dans le cas standard, l'élasticité de la demande est égale à -0,2, l'aversion relative au risque est égale à 1 et l'élasticité de l'offre est égale à 1,2. Le risque multiplicatif est tel que dans le cas défavorable (respectivement favorable) la production est inférieure (respectivement supérieure) à 10% à celle espérée. Les résultats obtenus avec ces paramètres standards sont reportés dans le tableau 1.5. L'auteur a d'abord cherché le prix minimum optimal sans quota de production, puis a examiné ces deux instruments simultanément.

Tableau 1.5. Gains permis par une politique de prix minimum et de quotas de production (les surplus sont exprimés en pourcentage de la valeur de la consommation sans politique)

Régime politique	Laisser faire	Prix minimum	Prix minimum + quotas
Prix minimum		1,09	1,58
Quotas		--	0,97
Production espérée	0,9	1,05	0,97
Prix bas	1,07	0,49	0,71
Prix élevé	2,91	1,35	1,95
Surplus producteur		-5,63	24,92
Surplus consommateur		36,97	7,04
Surplus total		31,34	31,95

Source : Innes, 1990

Le laisser faire aboutit à une production espérée de 0,9 unités et des prix variant considérablement (entre 1,07 et 2,91 \$ par unité). L'auteur trouve que le prix minimum garanti doit s'établir à 1,09, soit un niveau à peine supérieur au prix minimum observé sans politique. Cette assurance contre les faibles prix conduit les producteurs à produire plus (augmentation de la production espérée de 17%), d'où une baisse conséquente des prix de marché. Ces derniers diminuent de près de 55%, ce qui est évidemment bénéfique pour les consommateurs. Même lorsque les subventions à la production sont financées par ces consommateurs, il apparaît que ceux-ci gagnent énormément à l'instauration de cette politique : leur gain représente 37% de la valeur de la consommation initiale. A l'inverse, les producteurs y perdent à nouveau car l'effet « espérance » domine l'effet réduction du risque. Au total, nous observons un gain total s'élevant à plus de 30% de la valeur initiale de la consommation. Ce chiffre est bien supérieur aux valeurs rencontrées jusqu'à présent. Ceci peut certainement s'expliquer en partie par le fait que seuls deux états de la nature sont considérés et que cela conduise à des effets prix énormes. Dans la situation défavorable et sans politique, le prix atteint en effet 2,91 fois le prix qui serait obtenu sans aléa naturel. Ce

prix est encore 2,72 fois supérieur à celui obtenu dans le cas favorable. Il est quand même un peu douteux que les coûts de stockage moyens soient pour le produit agricole standard, supérieur au prix même du produit. Auquel cas l'absence de stockage dans la situation initiale est un peu curieuse. En d'autres termes, **la politique du prix minimum apparaît ici surtout intéressante pour protéger les consommateurs de pics de prix**, même si ce sont les producteurs qui sont averses au risque et qui justifient la politique.

Innes a ensuite calculé le jeu optimal d'instruments, c'est-à-dire le prix minimum allié à un quota de production. Précisons tout de suite que pour autant les quantités sur les marchés ne sont pas stables, et par suite les prix non plus. En effet, il existe toujours un aléa multiplicatif sur la production. Il apparaît que dans ce cas, le prix minimum doit être substantiellement supérieur (1,58 contre 1,09). A un tel niveau de prix, la production espérée est évidemment énorme (2,40), c'est pourquoi des quotas de production doivent être établis. Ceux-ci sont fixés à 0,97, soit un niveau proche de la situation déterministe. Sous cette politique, tant les producteurs que les consommateurs apparaissent gagnants. Au total, le gain marginal de bien être apporté par cet instrument supplémentaire est toutefois modeste. L'auteur souligne en fait que les quotas servent surtout à effectuer du transfert de richesse et peu à gérer les risques.

Pour ces deux politiques, les implications budgétaires sont loin d'être anodines. En effet, les subventions versées aux producteurs lorsque la production est « bonne » représentent 41% de la valeur de la consommation lorsque le prix minimum est appliqué. Elles s'élèvent même à 55% lorsque les quotas sont mis en œuvre. Une telle politique implique donc une flexibilité budgétaire d'autant plus grande que le secteur agricole est grand dans l'économie.

L'ampleur des résultats en termes de gains de bien être est toutefois extrêmement sensible à l'élasticité prix de la demande. Lorsque celle-ci est fixée à -0,5, alors les pourcentages de gain tombent dans des domaines plus standards et les variations de prix sont plus standards également (voir tableau 1.6). Nous observons même dans ce cas que les consommateurs peuvent être perdants à la politique couplant prix minimum et quotas de production.

Tableau 1.6. Sensibilité des gains permis par une politique de prix minimum et de quotas de production à l'élasticité de la demande (les surplus sont exprimés en pourcentage de la valeur de la consommation sans politique)

Régime politique	Laisser faire	Prix minimum	Prix minimum + quotas
Prix minimum		1,08	1,18
Quotas		--	0,93
Production espérée	0,9	0,96	0,93
Prix bas	1,02	0,89	0,96
Prix élevé	1,52	1,33	1,44
Surplus producteur		-1,28	7,42
Surplus consommateur		4,08	-4,43
Surplus total		2,80	2,99

Source : Innes, 1990

iii/ L'efficacité d'une intervention via les stocks

L'intervention publique à travers les stocks pour la stabilisation des prix et des marchés a également suscité de nombreuses études. Là aussi, cela était en partie motivé par le fait qu'au niveau international de telles politiques ont été poursuivies. Aujourd'hui encore, certains pays détiennent, du moins selon les informations disponibles, des stocks publics conséquents, comme la Chine et l'Inde. D'une manière générale, les politiques de stockage public ont été souvent analysées dans un cadre de premier rang sans aucune imperfection/incomplétude de marché. Par définition, ces politiques ne pouvaient alors pas être Pareto améliorante. A notre connaissance, deux exceptions notables méritent d'être soulignées. Tout d'abord, Gardner (1979) a introduit dans le modèle du stockage compétitif la possibilité que des prix élevés introduisent des externalités au niveau des consommateurs. Dans ce cadre, un stockage public pouvait être justifié. Cette idée n'a pas été poursuivie à notre connaissance, sans doute parce que la manière dont l'externalité était introduite était ad hoc. L'autre exception notable est l'article de Newberry (1989) qui montre théoriquement le potentiel d'une politique de stockage public lorsque les consommateurs sont averses au risque et les marchés contingents

du risque sont incomplets. Cet article vise donc surtout à étudier le cas de pays non développés où l'alimentation joue un rôle important dans le budget des ménages, tel que l'aversion au risque joue de manière significative. Newberry compare une politique de stockage public à une politique de rations alimentaires ciblant les ménages les plus pauvres. En effet, l'auteur considère des agents hétérogènes et donc que, même dans un pays moins avancé, certains ménages ne « souffrent » pas des variations des prix alimentaires. L'auteur montre alors que, sous la condition que l'État puisse bien identifier les ménages pauvres, alors une politique de rations alimentaires est préférable à une politique de stockage public. Et inversement.

Plus récemment, Gouel (2010) a repris le cadre théorique de Newberry et l'a étendu à un nombre infini de périodes et fait ainsi la connexion avec la large littérature sur le stockage compétitif. Il considère donc une économie fermée composée de producteurs, consommateurs et stockeurs. Par contre, il est supposé que les marchés à terme ne sont pas accessibles pour les consommateurs pourtant averses au risque. Gouel considère même que les ménages n'ont pas accès au marché du crédit et donc ne peuvent pas épargner/emprunter pour lisser leurs consommations face aux variations de prix alimentaires. A l'inverse, les producteurs, les stockeurs et la puissance publique ont accès au marché du crédit. Les producteurs et les stockeurs ont des programmes dynamiques et il est supposé des anticipations rationnelles. Implicitement l'État est aussi supposé avoir des anticipations rationnelles lorsqu'il est capable de définir la politique optimale de stockage public.

L'auteur considère différentes politiques de stockage, d'abord des politiques dites contingentes aux états de la nature. Concrètement, ces politiques n'explicitent pas une règle simple de stockage mais l'auteur calcule, en fonction de son modèle économique, le niveau de stock public optimal selon le niveau initial de production au début d'une période. L'auteur considère ensuite deux politiques simples robustes qui peuvent être définies dans la pratique indépendamment d'un tel modèle. La première politique consiste à subventionner les coûts de stockage supportés par les stockeurs privés. La deuxième politique simple consiste à définir un tunnel de prix et une quantité maximale de stockage public. Il a en effet souvent montré que les stocks publics peuvent vite s'accumuler et une manière de prévenir que la stabilisation devienne du soutien consiste à limiter ces stocks publics. Par rapport aux modèles traditionnels de stockage compétitif, l'introduction de l'aversion au risque des consommateurs justifie une intervention publique. Le fait que cette aversion soit uniquement au niveau des consommateurs implique que cette approche est plus réaliste pour des pays en développement

(même si encore une fois tous les ménages ne consacrent pas la même part de leur revenu dans l'alimentation). Le modèle dynamique à période infinie n'ayant pas de solutions analytiques, l'auteur calibre son modèle avec des valeurs de paramètres 'standards' pour les pays en développement. Le tableau 1.7 reporte les gains de différentes politiques pour les différents agents.

Tableau 1.7. Gains annualisés permis par une politique de stockage public (en pourcentage de la valeur de la consommation sans politique)

Régime politique	Politique optimale	Subvention au stockage	Prix tunnel + contrainte capacité
Surplus consommateurs	0,506	0,441	0,451
Surplus producteurs	0,347	0,293	0,210
Dépenses publiques	0,574	0,476	0,434
Bien être total	0,278	0,258	0,227

Source : Gouel, 2010

Le premier résultat frappant est que ces gains sont extrêmement modestes par rapport à ceux rencontrés jusqu'à présent. Ceci s'explique certainement en partie par le fait que la situation initiale comprend déjà du stockage compétitif qui lisse déjà les prix. Par ailleurs, l'imperfection du marché vient de l'aversion au risque des consommateurs où il est supposé qu'ils consacrent en moyenne 15% de leur budget à l'alimentation. C'est évidemment un chiffre moyen qui ne rend pas compte des situations extrêmes mais en même temps, c'est un chiffre assez réaliste à cette échelle. Par conséquent, cela signifie que l'aversion au risque joue mais que les consommateurs ont quand même quelques marges de manœuvre pour amortir les effets des variations de prix alimentaires.

La politique optimale est assez difficile à décrire car elle dépend de la situation initiale lorsqu'elle est mise en œuvre. Retenons tout de même que cette politique supprime tout le stockage privé et aboutit à des niveaux de stocks environ 15-20% supérieurs à ceux de la situation sans intervention publique. **En stockant plus et plus souvent que ne le font les stockeurs privés, la puissance publique évite davantage les pics de prix dont souffrent les**

consommateurs. Les gains obtenus pour les consommateurs sont assez intuitifs. En revanche, l'auteur obtient également des gains pour les producteurs, ce qui est plus surprenant à première vue. En fait, il s'avère que les producteurs gagnent au début de la mise en place de la politique car il faut augmenter les stocks. Cela signifie donc que les premières années, les prix sont plus élevés en moyenne avec l'intervention publique que sans. Une fois cette période transitoire d'acquisition des stocks publics terminée, alors les producteurs sont plutôt perdants. Mais l'effet des premières années l'emporte sur l'effet des années en régime stationnaire. Évidemment le raisonnement est inverse pour les consommateurs mais il s'avère que pour ces derniers, l'aversion au risque joue également.

Les deux politiques simples aboutissent à des effets positifs mais légèrement inférieurs, tant pour les producteurs que les consommateurs. La subvention optimale de la première politique simple est égale à 59% du coût total de stockage (coût physique plus coût financier liée à l'immobilisation financière). La politique du tunnel des prix avec contrainte de capacité aboutit à ce que le prix plancher soit égal au prix plafond. Ce résultat peut initialement surprendre mais en fait un tel résultat a déjà été trouvé par Miranda et Helmberger (1988) ou Williams et Wright (1991). Ces auteurs raisonnaient dans un cadre de premier rang et donc cherchaient la moins mauvaise politique. La logique est la suivante. Lorsque le prix plafond est supérieur au prix plancher, alors les variations de prix à l'intérieur de ces bornes ne sont pas du tout lissés par le stockage. En effet, à l'intérieur de ces bornes, le stockage privé ne se développe pas en général et surtout les stocks publics ne sont pas utilisés, ce qui implique que les consommateurs subissent pleinement les variations de prix à l'intérieur de ces bornes. Par ailleurs, ce stockage public avec tunnel de prix ne peut pas prévenir une explosion des prix qui survient soit à cause d'une attaque spéculative, soit à cause d'une mauvaise récolte telle qui aboutit à épuiser les stocks. Même en situation de premier rang définie comme un monde sans aucune imperfection de marché, les auteurs ont donc trouvé qu'il faut juste un prix minimum et qu'un prix plafond n'est pas optimal.

Gouel trouve que la politique optimale consiste à fixer le prix minimum à un niveau 0,8% supérieur au prix déterministe (c'est-à-dire sans aléa de production) et la contrainte de capacité à 18% de la production déterministe. Cet auteur trouve que bien souvent cette contrainte de capacité est saturée et donc bien souvent les prix sont inférieurs au prix minimum. Ceci est finalement logique. L'objectif de la politique est surtout de limiter les pics de prix pour les consommateurs averses au risque. Dès lors, ce qui est important est de détenir suffisamment (assez et souvent) des stocks pour prévenir ces pics. A l'inverse, des prix bas ne

sont pas un grand problème pour les ménages pauvres consommateurs. Donc c'est logique que le stockage public se fasse à un niveau de prix assez élevé (supérieur au prix moyen). Le prix de marché s'établit très souvent au niveau de ce prix plancher (44% des périodes simulées) et le reste du temps, il est majoritairement inférieur.

Terminons par souligner que ces politiques de stockage, si elles n'améliorent pas de manière fantastique le bien être total, n'impose pas non plus en moyenne des fortes dépenses budgétaires. Ces dépenses sont surtout observées durant la phase transitoire.

iv/ L'efficacité d'une intervention publique sur le crédit

Si beaucoup de papiers théoriques sont consacrés à l'analyse d'instruments et d'interventions publiques directes sur les marchés des produits (par des droits de douane, des prix garantis, des quotas, des stocks, ...), cela ne doit pas faire oublier que des solutions et interventions publiques sont également possibles sur les marchés des facteurs de production utilisés en agriculture. En effet, il est généralement considéré que l'objectif des agents est de maximiser leur utilité obtenue par la consommation de biens et pas seulement de maximiser le profit agricole. Entre le profit agricole et la consommation des ménages agricoles, ceux-ci peuvent en théorie utiliser le crédit, c'est-à-dire l'épargne et l'emprunt, pour lisser la consommation face aux variations de profit consécutive à des risques sur les marchés des produits. Les agents peuvent également diversifier leurs sources de revenu au niveau du ménage avec du travail hors ferme (partiellement) compensé par du recours à du travail salarié ou l'externalisation de certaines tâches. Même si les travaux sur les marchés des facteurs sont, à notre connaissance, relativement moins nombreux que ceux développés sur les marchés des produits, les messages principaux sont toujours les mêmes : l'intervention publique n'est efficace que lorsque ces marchés sont imparfaits ou incomplets.

L'article théorique de Leathers et Chavas (1986) illustre bien ce principe général. Il montre notamment que les imperfections sur le marché du crédit et du capital physique causées par des problèmes d'information et des coûts de transaction peuvent justifier une intervention publique sur le crédit. Plus précisément, ces auteurs développent un cadre analytique statique où des agriculteurs font face à un risque de prix pour leurs productions. Ces agriculteurs, supposés neutres au risque pour simplifier les calculs, sont initialement endettés et ont des charges fixes de remboursement de cette dette. Ils n'ont accès à aucun instrument de gestion des risques et décident simplement de leur production sous cette contrainte de

remboursement. Si le prix se révèle défavorable et l'agriculteur n'est pas en situation d'honorer ses dettes, alors il peut être mis en faillite par son banquier. L'agriculteur sera alors obligé de vendre son capital d'exploitation avec une valeur de marché inférieure à sa valeur d'usage car il y a des coûts de transaction de ce capital physique. Ces coûts de transaction reflètent la spécificité/la relative immobilité de ce capital physique agricole. L'existence de ces coûts de transaction (plus précisément de liquidation dans le cas présent) conjuguée avec l'asymétrie d'information du marché du crédit et le risque prix du produit conduit à une situation inefficace. L'intervention publique sur le crédit est dès lors justifiée. Ces auteurs considèrent plusieurs instruments possibles et notamment des subventions aux emprunts contractés par les agriculteurs. Une telle intervention publique sur le marché du crédit en agriculture peut permettre d'éviter les coûts de transaction susmentionnés en cas de faillite potentielle. Les auteurs soulignent aussitôt que cela n'implique pas une subvention généralisée du crédit aux agriculteurs. **Cette politique ne peut être efficace que si elle est bien ciblée sur les agriculteurs réellement nécessiteux.** Il s'agit de ceux qui sont capable de générer du revenu avec des niveaux standards de prix et qui subissent potentiellement de forts coûts de transaction, donc qui sont très spécialisés. A l'inverse, il ne convient pas de fournir de telles subventions (il faut même taxer) ceux qui ne sont pas capable de générer du revenu avec des niveaux standards de prix, ou ceux qui ne sont pas menacés par une mise en faillite car cela est alors source de distorsions à la production. Pour ces auteurs, ce nécessaire ciblage de la politique pose alors la question de l'information supplémentaire que pourrait disposer la puissance publique pour mettre en œuvre cette politique. Sans résoudre totalement le problème, ils évoquent la possibilité de rendre les facteurs moins spécifiques et donc diminuer les coûts de transaction. Cela passe par exemple par des programmes de formation/requalification des agriculteurs ou des subventions à la mobilité du capital.

v/ L'efficacité d'une intervention publique sur les marchés financiers

En théorie les marchés financiers, tout particulièrement les marchés à terme avec les contrats à terme et les options, offrent des actifs contingents aux états de la nature qui complètent la structure des marchés. De nombreux marchés à terme existent sur lesquels des contrats sur produits agricoles sont échangés. De nombreuses études ignorent l'existence de ces marchés et leur rôle dans l'allocation des ressources en situation de risque.

Les propriétés de ces marchés sont aujourd'hui très débattues et il est utile ici de mentionner les résultats de l'analyse de Lapan et Moschini (1996). Ces auteurs partent du constat que les marchés à terme n'existent pas pour toutes les périodes futures. Plus exactement, un agent ne peut pas acheter/vendre des contrats pour des périodes futures très éloignées alors qu'il fait face à du risque pour ces périodes. Par contre, il a la possibilité de se couvrir pour les périodes proches et donc peut continuellement adapter ses positions sur les marchés à terme. Les marchés à terme « séquentiels » complètent donc partiellement seulement la structure des marchés et une intervention publique peut alors être justifiée.

Dans leur article théorique, ces auteurs formulent différentes hypothèses simplificatrices pour définir une intervention publique Pareto améliorante. Ils considèrent une économie (ou un producteur représentatif) preneur de prix (soit un petit pays) avec trois périodes et un décalage d'une période entre les décisions de production et la production effective. A la première période, les producteurs décident de leur premier niveau de production sans connaître le prix spot exact de deuxième période. De même, en deuxième période, les producteurs vont décider de leur deuxième niveau de production sans connaître le prix spot exact de troisième période. Ces producteurs sont averses au risque et cherchent à maximiser l'espérance d'utilité de leur richesse finale. Dans ce modèle et pour simplifier, il n'existe qu'un risque prix pour le producteur (pas de risque de base, ni de risque production, ni de risque prix inputs). Ce risque prix de l'output peut venir de la demande aléatoire ou de la production aléatoire des autres pays, mais ces composantes du marché sont exclues pour se centrer sur le comportement du producteur. Cette hypothèse est tenable tant que l'économie est preneuse de prix.

Face à ces risques prix pour les deux périodes de vente, les auteurs supposent tout d'abord l'existence d'un marché à terme mono périodique, i.e. dont les contrats ne sont disponibles que pour la période prochaine. Dès lors, le problème qui se pose pour les producteurs est qu'ils ne connaissent pas en première période le prix à terme qui s'établira en deuxième période pour la troisième période. La disponibilité de ces marchés à terme « séquentiels » est quand même meilleure que l'absence de ces marchés car, dès la première période, les producteurs peuvent choisir de couvrir leur première production et également celui de la deuxième période par la technique du rolling. Plus exactement, les producteurs peuvent couvrir plus que leur production de première période à la première période sur le marché à terme disponible. Dans ce contexte de marché à terme mono-périodique, les producteurs font donc toujours face à du risque pour le prix en troisième période et une intervention publique consistant à fixer le prix spot de troisième période à son espérance annule cette source de

risque. Les producteurs ont alors une richesse finale complètement certaine ce qui, toutes choses égales par ailleurs, est bénéfique pour des agents averses au risque. Cependant, Lapan et Moschini soulignent que cette politique publique ne permet pas aux producteurs de produire de manière optimale en seconde période lorsque le nouveau marché à terme sera ouvert. La stabilisation publique du prix réduit donc l'espérance de la richesse finale et donc il y a un arbitrage entre ces deux composantes. En d'autres termes, il y a la place pour une politique publique Pareto améliorante mais selon les calculs théoriques de ces auteurs, elle n'est pas automatique et dépend des paramètres du modèle.

Les auteurs ont ensuite examiné le cas où les marchés à terme sont disponibles dès la première période pour toutes les périodes futures. Cela augmente encore le degré de complétude des marchés sans atteindre toutefois la complétude totale. En effet, même lorsque les marchés à terme sont disponibles pour l'ensemble des périodes futures dès la première période, cela ne conduit pas à une certitude de la richesse finale des producteurs. Des informations nouvelles sont susceptibles d'arriver en deuxième période et les producteurs y réagiront : la richesse finale est donc encore risquée. Les auteurs soulignent qu'il faudrait dans ce cas définir des options et une infinité de contrats d'options (plus précisément une infinité d'options à prix d'exercice différents) pour compléter les marchés. Dès lors une intervention publique peut être Pareto améliorante mais pas n'importe laquelle. La précédente politique publique qui consiste à fixer le prix de la troisième période dès la première période est dominée au sens de Pareto par le laisser faire qui justement permet aux producteurs de tirer parti des nouvelles informations arrivant en seconde période. Les auteurs montrent au contraire que cette politique publique optimale doit être définie en première période et doit fixer le prix de la troisième période en fonction du prix à terme qui s'établira en seconde période pour la troisième période. Pour être un peu plus concret, nous ne connaissons pas aujourd'hui le prix à terme qui s'établira en novembre 2012 pour la récolte de juillet 2013. Ce prix à terme sera connu évidemment en novembre 2012 lors de la décision de semis des blés. Pour ces auteurs, la puissance publique doit définir dès 2011 la relation qui existera entre le prix garanti de 2013 et le prix à terme de 2012 pour livraison en 2013. Les auteurs montrent analytiquement que cette relation doit être croissante avec ce prix à terme.

Les résultats étant seulement analytiques, nous avons essayé de quantifier cette relation et les effets induits sur le surplus des producteurs. Pour ce faire, nous avons calibré un modèle à trois périodes, avec une fonction de profit annuel iso-élastique. Dans le cas central, l'élasticité de l'offre est fixée à 0,5 (l'analyse de sensibilité considère une élasticité de 2, les résultats

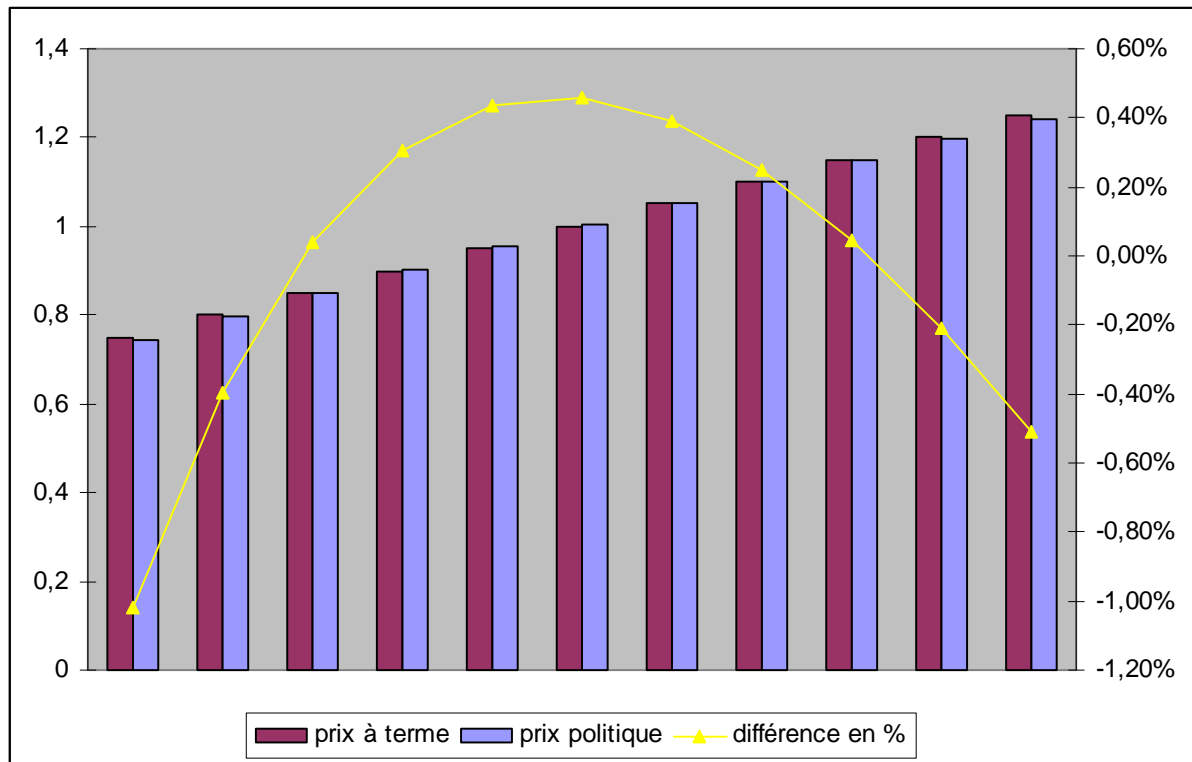
quantitatifs et qualitatifs sont très proches). Nous avons considéré une distribution uniforme du prix à terme en deuxième période qui s'établira pour la troisième période. Plus précisément, nous avons considéré que le prix pouvait varier entre 75% et 125% autour du prix à terme espéré. Nous avons utilisé un taux d'intérêt égal à 5% entre toutes les périodes. Enfin l'aversion au risque des producteurs est représentée par une fonction d'utilité puissance avec une aversion au risque décroissante avec la richesse égale à 2 (valeur « standard »). Ces paramètres de modèle sont constants à tous les cadres simulés, i.e. avec ou sans marchés à terme multi-périodes et avec ou sans politique. Dans le cas de marchés à terme mono périodiques, nous avons fixé le prix garanti à l'espérance du prix. Dans le cas multi périodique, le prix garanti optimal est une fonction croissante du prix à terme qui s'établira lors de la deuxième période. Cette relation croissante est reproduite dans la figure 1.1 et les résultats sur les surplus (la richesse finale et l'espérance d'utilité pour le producteur, le budget pour les contribuables) sont reportés dans le tableau 1.8.

Tableau 1.8. Impacts d'une politique publique tenant compte des marchés à terme sur les surplus

Structure marchés à terme	Mono périodique	Mono périodique	Multi périodique	Multi périodique
Régime politique	Pas de politique	Prix garantis	Pas de politique	Politique optimale
Espérance richesse finale	2.059401	2.050000	2.059401	2.059389
Variance richesse finale	0.056	0	0.00007	0.000005
Espérance d'utilité	-0.492085	-0.487800	-0.485585	-0.485580
Différence par rapport à la première colonne (%)		0,87	1,32	1,32
Variance Budget	0	0.0056	0	0.00003

Source : nos calculs

Figure 1.1 : relation entre le prix garanti et le prix à terme de deuxième période



Source : nos calculs

Lorsqu'il n'y a que des marchés à terme mono périodiques, nous observons bien que la richesse finale des producteurs, évaluée à la première période, est risquée (variance de 0,056). Nous avons alors tout d'abord examiné l'impact d'un prix garanti pour la troisième période au niveau du prix espéré. Nous observons bien (deuxième colonne du tableau 8) que cela conduit à une richesse finale certaine pour les producteurs (plus de variance). En contrepartie, ils ne bénéficient plus de la possibilité de s'adapter lorsque les prix varient effectivement à partir de la deuxième période. C'est pourquoi l'espérance de la richesse finale diminue. Au total, il apparaît que selon nos paramètres, la politique est tout de même bénéfique pour les producteurs car l'effet variance domine l'effet espérance. Le gain de bien être est de 0,87%. C'est évidemment « faible » mais peu surprenant car les marchés ne sont pas si incomplets que cela initialement. En espérance, l'effet est nul sur le budget public car le prix garanti est fixé au niveau espéré du prix (simple volonté de stabiliser les revenus et non de les soutenir). Cela veut dire que si le prix spot en troisième période s'établit en dessous du prix espéré, alors l'État verse une subvention aux producteurs. Il collecte une taxe si ce prix spot est supérieur au prix garanti. Nous pouvons quand même voir que cela transfère le risque sur l'État, la variance du budget public étant non nulle.

Nous avons ensuite simulé le comportement des producteurs en présence d'un marché à terme multi-périodique, d'abord sans politique publique. Dans ce cas, nous obtenons une baisse considérable de la variance de la richesse finale des producteurs. De nouveau, cette richesse n'est pas complètement certaine car des informations nouvelles peuvent arriver en deuxième période pour le prix de troisième période. Cette réduction de la variance ne s'accompagne pas ici d'une baisse de l'espérance de la richesse finale car justement les producteurs ont toujours la possibilité de réagir à cette évolution de prix. Logiquement nous obtenons un plus grand surplus dans ce cas avec une augmentation de l'ordre de 1,32%. Nous avons enfin cherché la relation empirique entre le prix garanti optimal de troisième période et le prix à terme de deuxième période. Cette relation est fournie dans la figure 1 où nous observons de faibles écarts entre ces deux prix. En effet, ils varient moins de 1% alors que les prix varient de 25% autour de l'espérance. Il est intéressant de noter que ce prix garanti est légèrement plus faible que le prix à terme dans les queues de distribution et inversement légèrement supérieur à l'intérieur de la distribution. Comme le prix politique n'est pas fixe, il est logique que la richesse finale des producteurs ne soit pas certaine. Nous obtenons une légère diminution de la variance de cette richesse et également une légère diminution de l'espérance (car les réactions aux queues de distribution sont moins fortes). Au total, nous obtenons une amélioration très marginale par rapport à la situation sans politique et marchés à terme multi-périodique.

Le message final est donc bien qu'il est **possible de trouver une intervention publique Pareto améliorante, même avec des marchés à terme multi-périodiques**. Toutefois les gains à attendre sont très faibles par rapport à ceux qui consisteraient à rendre multi-périodiques des marchés à terme initialement mono périodique.

Pour résumer, les analyses montrent qu'une intervention publique appropriée peut être Pareto améliorante lorsque la structure initiale des marchés est incomplète. Ces gains sont évidemment d'autant plus forts que l'incomplétude initiale est importante. Les résultats montrent également que ces gains peuvent s'accompagner de dépenses publiques très variables, l'instabilité des marchés se « reportant » donc sur le budget de l'Etat. De nouveau, ces analyses soulignent le rôle majeur de l'élasticité de la demande au prix. Enfin, ces analyses posent la question de quelle information supplémentaire la puissance publique peut disposer pour bien définir ses instruments et leurs niveaux.

1.d. Incomplétude des marchés face aux différentes sources d'incertitude : quelles justifications ?

Les travaux plus empiriques décrits cidessus considèrent tous une structure exogène de marché. Or, dans la question de l'intervention publique en présence de risques, le problème est celui de l'incomplétude des marchés. La question cruciale est donc de savoir pourquoi les marchés sont incomplets. A notre connaissance, cette question a jusqu'à présent surtout été abordée d'un point de vue théorique et intuitive et relativement moins d'un point de vue empirique (du moins par rapport aux questions précédentes). Sur le plan théorique, les justifications principales portent sur les coûts de transactions et les problèmes d'informations. C'est en particulier le cas pour les risques dits catastrophiques. Sur le plan empirique, les analyses cherchent souvent à savoir si les marchés sont réellement incomplets ou si au contraire tous les marchés contingents du risque ne seraient pas utiles tout simplement parce que les agents gèrent déjà les conséquences des risques avec les solutions existantes (diversification, épargne/crédit, ...). D'autres analyses mettent également en doute l'importance de ces risques et de l'aversion au risque des agents. Enfin, il faut souligner que nombre d'économistes évoquent les risques institutionnels/politiques comme justification de l'incomplétude, les agents anticipant une réaction politique à un risque leur étant défavorable.

i/ Les problèmes d'information et de coûts de transactions

Les problèmes d'information ont longtemps été évoqués pour justifier l'incomplétude des marchés. Il est souvent affirmé (par exemple, Delande 1992) que, si les structures d'information sont asymétriques, certains agents seront incapables de différencier certains événements. Ceci aura pour conséquence qu'ils ne pourront pas conditionner à l'un de ces événements l'achat ou la vente de marchandises et devront passer le même contrat pour tous les événements qu'ils ne pourront distinguer. L'ensemble des plans de consommation réalisables va donc se trouver réduit par rapport au modèle Arrow Debreu et tous les marchés contingents ne seront pas utilisés à l'équilibre.

Dans un même ordre d'idées, les coûts d'acquisition de l'information sont également souvent évoqués pour justifier l'absence de certains marchés. Un article fameux en la matière est celui de Grossman et Stiglitz (1980). L'idée développée dans cet article est que, si les marchés devaient être complets, alors toute l'information serait révélée par les prix qui sont un bien

public. Il n'y aurait alors aucune incitation à acquérir de l'information pourtant coûteuse. Le fait que l'information est coûteuse justifie un nombre limité de marchés et l'existence d'un équilibre compétitif. Cet article explique donc pourquoi les marchés sont incomplets. Dans leur conclusion, les auteurs laissent en question ouverte le problème de l'optimalité d'une intervention publique pour remédier à ce problème.

Les problèmes d'asymétrie d'informations sont également souvent évoqués pour expliquer l'absence de contrats d'assurance. Les problèmes d'aléa moral et de sélection adverse conduisent à des primes d'assurance élevées, qui peuvent être prohibitives et donc empêcher le développement de ce marché (par exemple, Mahul, 1998). De nombreux travaux ont alors cherché à diminuer ces problèmes d'asymétries d'information en définissant des contrats basés sur des indices non manipulables. Cependant cela conduit à des problèmes de risque de base potentiellement importants, ces risques étant liés au fait que les risques individuels ne sont pas parfaitement corrélés aux risques mesurés sur un indice.

On peut citer ici également les problèmes de risque systémique/catastrophique. Par exemple, lorsqu'un risque peut toucher simultanément de nombreux agents, l'assureur peut se trouver en difficulté pour verser les indemnités et il préfère donc ne pas proposer de contrats. La solution habituellement suggérée est de recourir aux marchés à terme ou à la réassurance. C'est certes une solution intéressante mais pas totale car peuvent subsister des problèmes d'information et coûts de transaction à cette échelle supérieure (par exemple, Skees et Barnett, 1999).

Enfin les marchés à terme ne peuvent pas convenir à toutes les productions, encore une fois pour des raisons d'informations. En particulier, mais pas seulement, les marchés à terme sont d'autant plus facile à mettre en œuvre que le produit sous jacent est de qualité relativement homogène, que la qualité de ce produit peut être mesurée et mesurable facilement par des techniques sûres et incontestables (Delande, 1992).

ii/ Des structures de marché pas si incomplètes

Dans la section 1-b, nous avons reporté les gains estimés à la complétude des marchés toujours par rapport à une situation incomplète. Mais peut être que la réalité est une structure initiale moins incomplète que celle modélisée. C'est par exemple ce que montrent théoriquement Moschini et Lapan (1992) ou Simmons (2002) et plus empiriquement Cole et Kirwan (2009) ou Pannell et al. (2008).

Moschini et Lapan montrent l'intérêt des options pour les producteurs pour gérer les risques d'investissement. Le cadre analytique introduit en effet plusieurs périodes et plusieurs arrivées d'information. Les options se substituent au fait que les contrats à terme n'existent pas pour plusieurs périodes. Les auteurs montrent donc que l'incomplétude des marchés est moins grande qu'il n'y paraît a priori. **Par extension, toute analyse ignorant les options négociées sur les marchés financiers biaise à la hausse l'importance de l'incomplétude des marchés.** Simmons quant à lui examine les décisions de participation aux marchés à terme par des producteurs pouvant utiliser le marché du crédit. Si ce dernier est parfait, alors cette décision de participation aux marchés à terme ne répond qu'à un motif de spéculation et non de couverture. Si ces marchés à terme sont en plus perçus comme non biaisés, c'est-à-dire que le prix à terme correspond à son espérance de prix, alors leur prise de position sur les marchés à terme est nulle. Le message est alors que l'inexistence d'un marché à terme peut être compensé au niveau du producteur par le recours au marché du crédit. Si ce marché du crédit n'est pas parfait, alors cette participation est non nulle et dépend évidemment de l'ampleur de l'imperfection (mesurée par la différence entre les taux d'intérêt à l'emprunt et l'épargne).

Cole et Kirwan cherchent à expliquer de manière économétrique la participation aux marchés futurs (de gré à gré, à terme et options) des agriculteurs américains. Cette analyse est effectuée à partir de l'ARMS (Agricultural Resource Management Survey, l'équivalent américain du RICA français) sur 1999-2005 pour toutes les activités. Il apparaît notamment que l'utilisation de ces outils décroît avec la diversification des productions effectuées par les producteurs. Dans leur synthèse, Moschini et Hennessy (2002) soulignent également que cette participation décroît avec la part du revenu familial d'origine hors ferme.

Notons aussi ici que les auteurs trouvent que cette utilisation croît avec l'éducation et décroît avec l'âge. En fait de nombreux auteurs (comme Innes, 1990) ont à plusieurs fois souligné le manque d'éducation des producteurs agricoles vis-à-vis de ces marchés contingents du risque pour en expliquer l'inexistence. Pannell et al. aboutissent globalement aux mêmes types de conclusion dans leur analyse de la participation des exploitations australiennes de laine. Cet argument sur l'absence de certains marchés est donc un peu différent. Cette absence ne résulte pas de la présence d'autres instruments de gestion des risques, elle provient d'un manque d'information de la part des agents et donc in fine ce sont leurs revenus qui supportent le poids de l'instabilité.

iii/ Une surestimation du problème ?

L'ampleur des risques et l'aversion au risque des agents sont évidemment des paramètres cruciaux dans l'importance accordée à l'incomplétude des marchés. De nombreux travaux empiriques sont consacrés à ces mesures et là également existent des controverses.

L'hypothèse d'une aversion des producteurs agricoles vis-à-vis du risque fait l'objet d'un quasi-consensus dans la littérature. Par contre, le niveau de cette aversion et son évolution en fonction de différents paramètres, la richesse des producteurs notamment, font débat. Lence (2009) considère par exemple que les données dont nous disposons en agriculture ne permettent pas d'identifier simultanément les paramètres technologiques et les structures d'aversion au risque. En considérant l'ensemble des solutions privées (épargne, diversification, investissement) dont disposent les agriculteurs américains, Pope et al (2010) trouvent des aversions au risque nettement plus faibles que les valeurs standards utilisées dans de nombreuses études. Ce problème de mesure de l'aversion au risque n'est évidemment pas spécifique aux producteurs agricoles. L'aversion au risque des transformateurs ou encore des acteurs participant aux marchés à terme est également cruciale et mal connue.

La mesure des risques endogènes et exogènes est évidemment un autre point crucial. De nombreuses recherches ont cherché à identifier les distributions de probabilité des rendements et des prix agricoles (voir par exemple Goodwin et Ker, 2002 ou encore OCDE, 2009). De manière générale, les résultats montrent que la loi log normale capture mieux ces aléas que la loi normale. Ce résultat dépend toutefois de l'échelle d'agrégation retenue, notamment pour les rendements. Par ailleurs la loi log normale n'est pas non plus toujours pertinente, notamment lorsqu'il y a des événements peu probables. Une autre difficulté tient au fait que les risques évoluent généralement au cours du temps. Ceci peut s'expliquer notamment parce que la série en question a une tendance et/ou un comportement cyclique. Il convient alors d'extraire ces phénomènes potentiellement connus par les acteurs pour vraiment mesurer les risques.

Logiquement des débats existent sur la capacité des acteurs à identifier ce qu'il est possible d'anticiper de ce qui ne l'est pas. Par exemple, Modelina et al. (2004) s'appuient sur des modèles de séries temporelles pour estimer la volatilité des prix non anticipée par les agents. Il apparaît que cette volatilité « résiduelle » est nettement moins élevée que celle mesurée par le coefficient de variation sur les données de base. Par suite, ces auteurs ne considèrent pas la question des risques en agriculture comme une très grande problématique. A l'inverse, les

travaux économétriques conduits par Chavas (dont Chavas, 1999) tendent à montrer que des anticipations quasi rationnelles sont majoritaires dans la population et cela vient de la capacité de chaque agent à collecter et traiter l'information et des coûts qui en découlent. Il utilise ainsi des anticipations basées sur des estimations de séries temporelles. Frechette (1999) également soutient que certains traders forment leurs anticipations sur la base des informations passées. Il s'agit des chartistes qui optent pour ce type d'anticipations car, même si elles sont biaisées, elles sont plus simples et moins coûteuses que les anticipations rationnelles. Ces agents considèrent donc que le coût supplémentaire des anticipations rationnelles est plus important que la perte liée au biais induit par l'approximation quasi rationnelle. Ces travaux économétriques sur la nature des anticipations supposent cependant que les acteurs sont neutres au risque. Ces travaux négligent donc les anticipations sur la distribution des variables aléatoires. D'autres travaux, notamment à partir d'enquêtes élicitant les probabilités perçues par les acteurs, tendent également à s'éloigner du cas des anticipations rationnelles. Plus précisément, les variances subjectives sont généralement plus faibles que les variances impliquées par les marchés à terme (OCDE, 2009). De même, la perception de situations catastrophiques est très subjective.

Tous ces éléments jouent naturellement sur les comportements des agents en terme de gestion des risques et par suite sur l'existence ou non des marchés contingents.

iii/ L'effet des politiques

Les analyses théoriques partant des modèles d'équilibre général à la Arrow Debreu supposent une situation initiale sans aucune intervention publique. C'est évidemment une hypothèse irréaliste posée pour des objectifs de pédagogie. L'existence d'instruments de politique qui ne cherchent pas systématiquement à gérer les conséquences de risques peuvent aussi expliquer l'absence de certains marchés contingents du risque. En fait, nombre d'auteurs ont souligné l'importance de celles-ci dans l'incomplétude des marchés. Mais on se trouve dans ce cas dans le paradoxe de l'œuf et de la poule. Plus rares sont les articles qui mesurent exactement à partir de quel niveau d'intervention publique les marchés peuvent effectivement se développer. Les études empiriques évaluent le plus souvent le comportement des agents en présence de ces instruments.

A titre d'exemple, Maynard et al. (2005) montrent que le développement des marchés à terme du lait aux États-Unis est freiné par la politique laitière en place.. Dans le même esprit, Wang

et al (2004) montre l'impact majeur de la politique américaine sur les grandes cultures sur la décision des producteurs de couverture sur les marchés à terme. Dans le cas européen, on peut par exemple citer les études de Mahul (2002) ou Cordier (2009) qui souligne que les aides directes européennes ont également un effet sur les décisions de couverture des agriculteurs français.

Pour résumer, nombre d'arguments sont avancés pour expliquer l'incomplétude des marchés contingents aux sources de risque. Ces arguments ne sont pas contradictoires entre eux mais force est de reconnaître qu'il est difficile, au vu des analyses actuellement disponibles, de les pondérer.

Dans cette première partie, nous avons donc offert une synthèse des débats économiques qui existent sur l'efficacité d'une intervention publique pour la gestion des risques en agriculture. Nous sommes d'abord repartis des travaux analytiques s'appuyant sur le cadre de l'équilibre général dans lequel les sources d'instabilité sont divisées entre les sources exogènes et les sources endogènes. Ces travaux mettent en avant le problème de la structure incomplète des économies, c'est à dire l'existence ou non de marchés de gestion des risques. Nous avons ensuite revu des analyses cherchant à quantifier l'importance de l'incomplétude des marchés. Ceci nous a amené à regarder, dans une structure incomplète donnée, l'efficacité de certains instruments de politique agricole. Nous avons terminé cette partie en essayant de lister les arguments pouvant justifier l'incomplétude constatée des marchés. Nous sommes donc à présent armés pour comprendre les atouts et limites des principaux modèles d'économie des marchés agricoles dans leur représentation et traitement du risque et de l'incertain.

2. Les modèles d'économie agricole et le risque

Nous avons souligné dans la première partie que la prise en compte du risque et de l'attitude des agents économiques vis-à-vis du risque et de l'ambiguïté dans la théorie économique est un domaine de recherches toujours très actif mais avec déjà un nombre important de résultats établis. Voyons à présent comme ceux-ci sont intégrés dans les principaux modèles d'économie des marchés agricoles.

De nombreux modèles économiques portant sur les marchés agricoles sont aujourd'hui opérationnels. Le nombre de ces modèles a considérablement augmenté depuis une dizaine d'années pour diverses raisons : accès plus facile aux bases de données et aux logiciels performants de calcul scientifique, sollicitations plus nombreuses d'évaluation des politiques publiques en lien par exemple avec les négociations à l'OMC. Ces modèles diffèrent par plusieurs aspects comme leur couverture sectorielle, factorielle, géographique et temporelle. Ils diffèrent également par les comportements économiques spécifiés. Généralement, une distinction est effectuée entre les modèles d'équilibre partiel et les modèles d'équilibre général calculable. Les premiers se concentrent sur les secteurs agricoles tandis que les seconds considèrent ces secteurs en interaction avec les autres secteurs économiques. Le tableau 2.1 fournit une liste de ces modèles, liste par nature non exhaustive car de nouveaux modèles peuvent apparaître. A l'inverse, certains modèles sont susceptibles de ne pas être utilisés et/ou améliorés et pourraient disparaître de cette liste à l'avenir.

Tableau 2.1. Liste des modèles économiques des marchés agricoles

Modèles d'équilibre partiel	Modèle d'équilibre général calculable
AGLINK-COSIMO	GTAP
FAPRI	ID3
CAPRI	« MOMAGRI »
ESIM	« Femenia »
AGMEMOD	GLOBE
ERS CLS	LEITAP
PEATSIM	LINKAGE
IMPACT	MIRAGE

Nous n'allons pas décrire précisément tous ces modèles pour deux raisons essentielles et une troisième plus pratique. En premier lieu, force est d'admettre que certains modèles sont très proches les uns des autres. C'est particulièrement le cas des modèles d'équilibre général calculable qui s'appuient sur les données «GTAP». Cette base de données, bien que perfectible, est quasiment incontournable pour ceux qui veulent modéliser au niveau mondial les interactions entre l'agriculture et les autres secteurs de l'économie. Les différences entre ces modèles portent alors sur les spécifications relatives aux structures de concurrence par exemple (certains (MIRAGE) intègrent de la concurrence imparfaite, d'autres imposent de la concurrence pure et parfaite dans tous les secteurs). C'est aussi le cas pour certains modèles d'équilibre partiel qui eux s'appuient pour la plupart sur la base de données PSD de l'USDA. En second lieu, certains de ces modèles ne sont pas du tout pertinents pour traiter des enjeux liés au risque et se concentrent au contraire sur des problèmes de long terme en ignorant la dynamique et le risque. En effet les modèles offrent par définition une représentation simplifiée de la complexe réalité. Cette simplification est dictée par les objectifs du modèle qui peuvent être tout autre que l'analyse des sources des risques agricoles et où des hypothèses simples relatives au risque sont admises. La troisième raison tient à ce que les modèles sont souvent améliorés par rapport aux objectifs des études envisagées et les descriptions ne sont pas régulièrement mises à jour. Comme le soulignent Britz et Witzke (2008) dans leur description du modèle CAPRI, les modélisateurs ne prennent généralement pas le temps d'effectuer ses mises à jour car cela n'est pas considéré « scientifique » productif. Bien souvent seules les premières versions sont pleinement documentées.

Dans cette section, nous décrivons plus en détail 2 modèles d'équilibre partiel, le modèle AGLINK-COSIMO développé par l'OCDE et la FAO, le modèle FAPRI par les universités américaines. Ces deux modèles fournissent tous les ans des projections des évolutions des marchés mondiaux des produits agricoles, projections qui sont souvent utilisés comme référence. Il existe bien d'autres modèles d'équilibre partiel que nous décrivons plus rapidement, soit parce que les informations disponibles sont très limitées (tels que les modèles utilisés par le département américain à l'agriculture pour effectuer ses projections), soit parce que la représentation des différentes sources de risques et des comportements des agents vis-à-vis de ces risques est minime sinon nulle. Ces modèles d'équilibre partiel sont décrits dans la première section.

Dans la deuxième section consacrée aux modèles d'équilibre général calculable, nous débutons par le modèle GTAP initialement construit à l'Université américaine de Purdue. Ce

modèle s'appuie en fait sur une base de données internationale qui est unique au monde et donc largement utilisée. Le modèle en lui-même, dans sa version standard, reproduit l'équilibre général walrassien statique. Il n'offre donc pas une modélisation fine des risques et instruments de gestion des risques mais par définition ces comportements des agents face aux risques sont présents dans les données. Par exemple, même si à notre connaissance l'assurance n'a jamais été finement représentée dans ce cadre, cette activité d'assurance est nécessairement incluse dans les données. Puis nous décrivons deux modèles qui ont pour point de départ ce modèle GTAP statique et qui l'enrichissent par la réelle prise en compte de phénomènes dynamiques et stochastiques et appliqués au secteur agricole. Ces deux modèles/initiatives sont d'origine française. Par ordre chronologique, il s'agit du modèle ID3 développé essentiellement par J.M. Boussard et F. Gérard, du modèle « MOMAGRI » développé essentiellement sous l'impulsion de B. Munier. Nous terminons par une description de la thèse réalisée par F. Féménia et qui démarre également du modèle GTAP statique.

Pour chacun de ces modèles, nous fournissons tout d'abord une description générale. Puis nous listons les sources de risques représentés, les comportements économiques des agents vis-à-vis de ces risques, enfin les instruments de politique agricole qui sont représentés et la manière dont ils peuvent influencer ces comportements et les dynamiques de marché.

2.a. Les modèles d'Equilibre Partiel

i/ Aglink-Cosimo

Généralités

Cette description s'appuie essentiellement sur la publication OCDE (2006), sachant que ce modèle fait l'objet de constantes améliorations tant par les économistes de l'OCDE que par des économistes de certains Etats membres l'utilisant. Des réunions régulières (annuelles) sont organisées pour coordonner ces améliorations. A titre d'exemple, cette publication ne fait pas mention des agro-carburants et un nouveau module a été développé pour pouvoir analyser les politiques de promotion de ces agro-carburants (Dewbre et al., 2008). Elle s'appuie également sur les équations du modèle que nous avons obtenues du secrétariat de l'OCDE pour consultation.

L'actuel modèle résulte d'une intégration de deux précédents modèles, le modèle Aglink initialement élaboré par l'OCDE au début des années 1990, le modèle WFM initialement élaboré par la FAO au début des années 1980. Le premier était centré sur les pays de l'OCDE, le deuxième sur les pays en voie de développement. Cette intégration est opérationnelle depuis 2006 et s'appuie pour une large mesure sur les spécifications initiales du modèle Aglink.

Les objectifs principaux de ce modèle sont d'une part de fournir des projections des marchés mondiaux agricoles, d'autre part de simuler les effets de chocs ou de réforme de politique agricole. Les projections sont effectuées tous les ans et le rapport les décrivant fournit également des résultats de simulations. D'autres simulations sont réalisées continuellement selon le programme de travail établi à l'OCDE et la FAO.

Même si la simulation de réforme de politique est un objectif affiché de ce modèle, il faut tout de suite souligner que ce modèle n'est pas normatif. **Ses spécifications ne permettent pas de répondre à la souvent cruciale question de la pertinence ou non d'une politique ou de sa réforme.** Dans son mode simulation, ce modèle est utilisé pour quantifier les conséquences sur les marchés mais ne calcule pas les effets sur le bien être des agents. En fait, ce modèle ne cherche pas vraiment à représenter les éventuelles imperfections de marché présentes sur les marchés agricoles mondiaux (pouvoir de marché, effets externes et bien publics, la problématique du risque étant discutée ci après). Il suppose en effet d'emblée que les marchés sont concurrentiels. Seuls les aspects marchands de l'agriculture sont inclus, et donc ne sont pas calculés les effets environnementaux par exemple.

Les spécifications développées dans ce modèle cherchent à être homogènes pour tous les produits et régions mais cela n'est pas possible, notamment à cause de problèmes de données. Aussi des agrégats sont effectués, ce qui fait que le nombre réel (au sens endogène) de produits et régions est bien inférieure à la liste totale de biens et pays. Par exemple, tous les pays n'ont pas des statistiques exactement comparables pour les céréales secondaires. En 2006, il y avait 17 produits/groupe de produits pour lesquels les marchés sont équilibrés au niveau mondial. Toujours en 2006, la composante Aglink tournait sur 8 pays de l'OCDE, 4 pays non membres de l'OCDE mais jouant un rôle important sur les marchés agricoles. La composante Cosimo tournait sur 24 régions et 15 régions.

Source des risques

Les projections et simulations effectuées avec le modèle Aglink ont longtemps été déterministes, c'est-à-dire sans reconnaître aucun risque à l'offre ou à la demande, même s'il était usuellement reconnu les limites d'une telle approche. L'introduction du risque dans ces projections remonte à 2003, année sur laquelle la sensibilité de ces projections aux hypothèses sur les rendements est explorée. Avec le développement du modèle Aglink-Cosimo, les projections et simulations sont plus systématiquement stochastiques. Récemment, l'OCDE (2011) a conduit un travail dans le cadre de son programme de travail sur les risques (l'approche holistique) consistant à simuler de la volatilité à partir de ce modèle. L'objectif est de la comparer à la volatilité historique. La volatilité est mesurée par l'écart type sur 5 ans de la variation relative de la variable considérée. Les prix agricoles étant par définition des variables déterminées par le modèle, ce travail introduit de l'aléa sur des variables exogènes. Trois grands types de variables exogènes sont considérées aléatoires :

- les rendements agricoles
- le prix des inputs pétrole et engrais
- la croissance du PIB et l'indice du prix à la consommation.

D'autres variables exogènes peuvent être considérées également comme aléatoires, typiquement le taux de change comme cela a pu être le cas dans le papier sur la 'crise alimentaire' de 2008 (Dewbre et al., 2008).

Les distributions futures de ces variables aléatoires exogènes sont estimées sur les données historiques couvrant la période 1970-2009 à ce jour. Par exemple, les rendements sont supposés suivre des lois normales multi-variées et tronquées. Les points de troncature ne sont cependant pas précisés mais des améliorations sont prévues pour mieux tenir compte des asymétries dans les distributions. Il importe de noter que la mesure de cette volatilité des variables exogènes tient compte d'un trend. Par contre, ces estimations des distributions ne sont pas totalement conformes aux spécifications adoptées dans le modèle. Tout particulièrement, les rendements sont supposés dépendre des prix dans le modèle alors que dans la détermination des aléas, les facteurs prix ne sont pas inclus dans l'estimation économétrique.

Pour simuler les volatilités, 150 tirages des variables exogènes aléatoires sont effectués et le modèle est résolu sur ces 150 tirages, conduisant à une variabilité des résultats.

Comportements dynamiques et stochastiques

Les spécifications des comportements à l'offre ou à la demande des agents économiques reposent exclusivement sur des formes réduites. Cela veut dire par exemple que l'offre de produits agricoles est déterminée par le prix du produit et des inputs mais sans que l'on puisse remonter aux paramètres technologiques des fonctions de production. Du côté de la demande, on ne peut pas non plus remonter à la forme des préférences des consommateurs pour la demande finale, à la technologie de production pour l'alimentation animale par exemple. Majoritairement ces équations sont spécifiées à l'aide d'une forme double log imposant des élasticités prix constantes.

Concernant à présent les variables explicatives des offres et demandes, il est implicitement supposé des agents neutres vis-à-vis du risque. En effet, les différents moments des variables exogènes aléatoires, autres que le premier moment, ne sont jamais introduits dans ces équations d'offres et de demandes. En particulier la variance ou l'écart type n'apparaissent jamais dans ces équations, de manière positive ou négative. Par suite, il n'y a pas de primes de risque.

En revanche, ces équations reconnaissent une dynamique de production et de stockage. Plus précisément, la production agricole dépend d'un prix espéré pour le produit en question. Ce prix espéré est une moyenne pondérée des prix passés. Généralement, la pondération est décroissante dans le temps et trois années sont introduites dans ce calcul. De la même manière, une activité de stockage peut être spécifiée pour certains produits et pays. La demande de stocks dépend des anticipations de prix pour l'année suivante et là encore, des schémas adaptatifs (moyenne sur le passé) sont spécifiés.

Les anticipations pouvant différer des vraies réalisations, il en résulte l'existence de risques endogènes dans ce modèle. Sans les nommer risques endogènes, le document OCDE (2006) les reconnaît lorsqu'il étudie la dynamique du système, plus exactement les impacts à long terme et court terme et la stationnarité du système. L'accent est mis sur la rapidité du système à converger. Si un nouvel état stationnaire à la suite d'un choc n'est pas atteint au bout de 20 ans, alors le calibrage des paramètres du modèle est perçu comme douteux. Le choix de 20 années est évidemment arbitraire. Les élasticités prix des offres et demandes sont alors examinées de plus près pour comprendre cette éventuelle non convergence au bout de 20 ans. L'analyse de la convergence du modèle montre par exemple que cette convergence est vite

obtenue pour les céréales secondaires, nettement moins rapidement pour le riz car la demande finale du riz est très peu élastique au prix.

Instruments privés et publics de gestion des risques

Comme tous les modèles économiques agricoles opérationnels, le modèle Aglink-Cosimo impose une structure de marchés. Certains sont donc actifs, d'autres sont ignorés et ne peuvent pas apparaître de manière endogène. Ainsi les marchés à terme ou encore les marchés de l'assurance agricole sont tout simplement exclus du modèle Aglink-Cosimo. De même les marchés du capital et du crédit sont absents.

Par contre, les instruments classiques de politique agricole qui interfèrent sur les marchés agricoles sont représentés dans ce modèle. Tout particulièrement la politique de prix garantis de l'Union européenne est prise en compte par une variable de stocks d'intervention. Les niveaux de ces stocks sont nuls si les prix de marché sont supérieurs aux prix d'intervention, positifs et potentiellement grands lorsque ces prix de marché deviennent inférieurs aux prix d'intervention. Le mécanisme américain de soutien par les prix est également pris en compte avec des subventions à la production. En revanche, les aides directes dites découplées ne sont pas spécifiées dans la version du modèle utilisée pour les projections. Cela n'exclut pas des modifications pour des analyses ponctuelles de politique où des taux ad hoc de couplage peuvent être introduits.

En conclusion

Malgré les efforts récents menés dans le cadre du projet retenant une approche holistique sur les risques agricoles, le modèle Aglink-Cosimo de l'OCDE et de la FAO est encore loin d'être adapté pour des analyses économiques sur les risques en agriculture. Les agents sont implicitement supposés neutres aux risques, de nombreux outils de gestion des risques sont ignorés, la structure de marché est fixe. En revanche, ce modèle est dynamique et peut quand même permettre, sans grandes modifications, des analyses sur l'importance potentielle des risques endogènes liés aux anticipations de prix formulées par les agents économiques. Les analyses stochastiques partielles menées récemment sont également intéressantes pour quantifier l'importance des risques. Soulignons enfin que les analyses conduites par ailleurs avec des modèles d'exploitations agricoles supposées averses au risque sont évidemment également utiles. Tous ces inputs sont nécessaires mais non suffisants.

ii/ Fapri

Généralités

Cette description s'appuie essentiellement sur le site internet du FAPRI Iowa (www.fapri.iastate.edu) et la publication de Westhoff et al. (2005). Le modèle FAPRI est né au début des années 1980, soutenu par le congrès américain. Deux universités américaines sont majoritairement impliquées autour de ce modèle, l'université d'Iowa et celle du Missouri. Des chercheurs d'autres universités sont mobilisés pour des questions spécifiques ou des modules particuliers.

Le modèle FAPRI est très médiatique car **il est à la base de fameuses projections annuelles des marchés agricoles mondiaux**. Ce qui est paradoxal est que les caractéristiques du modèle sont relativement mal connues car elles ne sont pas très bien documentées. Ainsi à partir du site internet du CARD (l'équipe de l'université d'Iowa travaillant sur ce modèle), l'on peut juste savoir que 6 modules composent le modèle FAPRI : 5 modules portent sur des groupes de produits (les produits laitiers, les céréales, les produits animaux, les oléagineux et le sucre), le dernier est centré sur les assurances agricoles américaines. Les cinq premiers permettent des projections et des simulations sur les niveaux de production, de demande, d'échange, de stocks et de prix pour les principaux pays producteurs et consommateurs des produits concernés. Le dernier module calcule essentiellement les dépenses budgétaires américaines pour les assurances agricoles. La description de ces modules est minimale et faite de généralités (à titre d'exemple, l'offre de céréales est déterminée par les surfaces et les rendements ; ou encore des relations existent entre les modules comme la demande de céréales pour l'alimentation animale).

En fait il faut distinguer dans le modèle FAPRI la partie qui concerne l'agriculture américaine et les autres parties pertinentes pour les autres régions du monde. On peut même distinguer deux modèles FAPRI : le modèle international qui est déterministe et en fait relativement proche dans l'esprit du modèle Aglink-Cosimo de l'OCDE et de la FAO ; un modèle « US » qui lui est stochastique et largement utilisé pour les analyses domestiques. D'une manière générale et selon les informations disponibles, **l'on peut dire que le modèle FAPRI international souffre des mêmes défauts (sinon plus) que le modèle Aglink Cosimo : structure de marchés fixe et incomplète, pas de modélisations des marchés de**

l'assurance, des marchés financiers ou du capital physique et financier, pas de comportements vis-à-vis du risque. Par suite, seuls les instruments classiques de politique agricole sont introduits dans ce modèle de manière plus ou moins ad hoc car ils peuvent utiliser des taux de couplage pour les paiements directs par exemple (voir à cet égard l'utilisation faite par D. Sumner (2003) dans son analyse de la politique américaine sur le secteur du coton).

Le modèle FAPRI US stochastique est nettement plus intéressant à examiner dans le cadre de cette étude, même si les comportements des agents économiques du reste du monde sont représentés par des formes très réduites (fonction d'offre d'importation, de demande d'exportations).

Source des risques

De nombreuses sources de risques sont incluses dans le modèle FAPRI stochastique. Des variables aléatoires exogènes sont introduites dans les équations expliquant :

- les rendements à l'hectare pour les cultures, à l'animal (vache) pour la production laitière
- les parts des surfaces effectivement récoltées
- les coûts variables de production
- les demandes finales, d'exportation et de stocks.

De nouveau, d'autres variables aléatoires peuvent être spécifiées. Westhoff et al. (2005) soulignent toutefois que leur expérience montre que ces autres variables, notamment macro-économiques, ne sont pas fondamentales pour l'analyse de la volatilité sur les marchés agricoles. Notons ici que la récente étude conduite par l'OCDE (2011) aboutit aux mêmes conclusions.

Nous retrouvons donc, sans surprise, des variables similaires à celle du modèle Aglink Cosimo, le risque sur les coûts variables de production incluant évidemment le risque sur le prix du pétrole et des engrais. Y est ajoutée une variable aléatoire sur les surfaces plantées et effectivement récoltées car ce phénomène de non récolte est non marginal dans certains états américains. Également différente est l'introduction de termes aléatoires sur les différentes demandes.

A nouveau, les distributions de ces variables exogènes aléatoires sont estimées sur les données observées (une vingtaine d'années en général). Les corrélations entre ces variables aléatoires sont prises en compte, par contre il n'est pas précisé les formes de ces lois (normal, log normal alors qu'il y a toujours débat sur les vraies lois). De même, il n'est pas précisé si ces estimations sont cohérentes avec les spécifications du modèle, notamment si les effets prix sont similaires dans les estimations des aléas sur les rendements.

De nouveau, plusieurs tirages de ces variables exogènes aléatoires sont effectués pour simuler les volatilités. Ces tirages sont au nombre de 500.

Comportements dynamiques et stochastiques

Les spécifications des comportements à l'offre ou à la demande des agents économiques reposent exclusivement sur des formes réduites. L'offre de produits agricoles est déterminée par les marges relatives anticipées (et non le prix du produit et des inputs). A nouveau, il est implicitement supposé des agents neutres vis-à-vis du risque et les comportements sont dynamiques.

A la production, il est intéressant d'expliquer la formation des anticipations de marge. Les marges anticipées dépendent positivement du prix anticipé multiplié par un trend de rendement, positivement des subventions « couplées » et négativement des coûts variables anticipés. Le prix anticipé est une fonction du prix de l'année passée et de la déviation du rendement passé par rapport au trend de rendement. L'objectif de cette spécification est d'introduire une certaine « rationalité » de la part des agents économiques. L'intuition donnée par les auteurs est la suivante. Si l'année dernière, le rendement de la culture s'est avéré faible, le prix a pu augmenter. Si les agents économiques ne devaient se référer qu'au prix de l'année passée, alors ils ne vont pas reconnaître qu'une partie de ce prix venait d'un aléa négatif sur les rendements. En introduisant cette déviation par rapport au trend, l'idée est justement de prendre en compte cette relation passée dans le comportement actuel des producteurs. Les auteurs soulignent que c'est extrêmement important pour la dynamique des marchés et la reproduction des observations (cas du marché du soja au début des années 2000). En d'autres termes, **l'importance de la rationalité des acteurs est reconnue dans l'évolution (convergence) du système dynamique**. Il n'est pas fait à notre connaissance d'analyse de stabilité du système comme l'OCDE et la FAO ont pu le faire, mais l'existence de cette source de risque est donc reconnue.

La politique américaine est également présente dans ces équations de marge anticipée. Il mérite d'être souligné que par défaut, les aides contracycliques sont supposées avoir un effet sur la production. Le taux de couplage est arbitrairement fixé à 0,25.

Concernant la formation des stocks (mieux expliquée dans Westhoff et al, 1990), une dynamique est également présente pour les stocks spéculatifs, alors que les stocks gouvernementaux répondent à des contraintes politiques de la période courante. Les demandes de ces stocks spéculatifs sont spécifiées de manière réduite ; ils dépendent négativement du prix courant, de la production future anticipée et positivement de la production courante. En fait la justification de la spécification simultanée des prix courants et de la production courante est qu'il existe dans les stocks privés deux motifs de stockage : le stockage interannuel vraiment spéculatif, les stocks opérationnels (« working stocks »). La spécification de la production espérée de l'année prochaine veut être une modélisation proxy du prix de l'année future. Il est intéressant de souligner que, pour le prix futur, les stockeurs s'appuient sur les productions anticipées et les producteurs s'appuient sur les déviations passées du rendement par rapport à son trend. Toutefois, comme toutes ces spécifications sont sous forme réduite, il n'est pas possible de dire exactement quelle est l'information réellement utilisée/détenue par ces agents.

Instruments privés et publics de gestion des risques

Comme indiqué précédemment, la structure des marchés est fixe et ignore de nombreux instruments et marchés de gestion des risques. Par rapport au modèle Aglink Cosimo, FAPRI comprend un module d'assurance agricole mais qui, selon les informations disponibles, n'a aucun effet retour sur les décisions de production et les dynamiques des marchés. La relation ne va que dans un sens, les résultats sur les projections de marché, tout spécialement les décisions de production, servent à calculer les indemnités potentielles, les primes, les ratios primes sur sinistres et les dépenses publiques.

A nouveau, les instruments classiques de politique agricole qui interfèrent sur les marchés agricoles sont représentés dans ce modèle. Il est intéressant de noter que, selon les versions utilisées, les paiements directs peuvent avoir des effets sur les niveaux de production. Ces effets transitent alors par la marge espérée, plus spécifiquement par les paiements contracycliques espérés qui dépendent du prix objectif moins ces paiements directs.

En conclusion

Nous pouvons de nouveau souligner que des efforts sont entrepris pour analyser les problèmes liés au risque en agriculture dans le cadre FAPRI mais cette modélisation est loin d'être totalement pertinente pour ceux-ci. Nous pouvons faire les mêmes critiques que celles pour le modèle Aglink Cosimo, en y ajoutant celle d'un focus quasi exclusif sur l'agriculture américaine.

iii/ Les autres modèles

Les modèles du département américain à l'agriculture

Le département américain à l'agriculture fournit des projections annuelles des marchés agricoles avec évidemment un focus sur les effets nord américains. Ces projections résultent de l'utilisation de plusieurs approches, dont le modèle « Country Linked System ». Ce modèle comprend un module économétrique pour l'agriculture américaine (le modèle FAPSIM) et des modules synthétiques pour 42 pays/régions étrangères. Le modèle combiné résout l'équilibre sur 22 marchés de produits agricoles.

Les projections annuelles détaillent les résultats américains et se contentent de fournir les échanges sur les marchés mondiaux. Il n'y a pas, à notre connaissance, de documents récents décrivant les modules pour les 42 régions. En fait, l'USDA soutient le développement d'autres modèles pour les pays étrangers, tout spécialement le modèle Peatsim en collaboration avec l'université de Pennsylvanie. Ce modèle d'équilibre partiel a été initié au milieu des années 2000 et les premières versions étaient statiques et sans risques/incertitudes. Les efforts récents ont porté sur l'analyse des politiques de biocarburants et une version dynamique est en cours de développement.

La première version du modèle économétrique FAPSIM est quant à elle complètement décrite dans la publication de 1982 de Gadson et al. (1982). D'une manière générale, les spécifications FAPSIM sont très proches de celles du modèle FAPRI. Les anticipations de prix par les producteurs sont basées sur les prix des mois juste avant les décisions de production. Pour le stockage spéculatif, les spécifications dépendent des résultats économétriques. Pour le blé par exemple, la demande de stock dépend seulement négativement du prix de l'année en cours.

Les modèles euro-centrés

De même, de nombreux modèles ont été développés avec un focus sur l'agriculture européenne. Il s'agit des modèles CAPRI principalement développés par les chercheurs de l'université de Bonn (Britz, Heckelei et Witzke), ESIM (principalement développé désormais par H. Grethe et M. Banse d'universités allemandes) et AGMEMOD développé par un consortium d'instituts de recherche en Europe. Les deux premiers sont des modèles d'équilibre partiel statique utilisés seulement en statique comparative. Aucune modélisation du risque agricole et de sa gestion n'est proposée dans les versions actuelles de ces modèles. Le modèle AGMEMOD est un modèle économétrique dynamique qui s'inspire dans une large mesure du modèle FAPRI. A notre connaissance, ce modèle relativement nouveau n'a pas encore été testé dans sa dimension dynamique mais en mode standard de statique comparative pour analyser des réformes de politique agricole.

Les modèles des institutions internationales

Nous incluons dans cette rubrique le modèle ATPSM de la Cnuccd et le modèle Impact de l'Ifpri. De nouveau, ce sont des modèles statiques sans comportements des agents économiques vis-à-vis du risque. Ils sont donc également très peu pertinents pour l'analyse économique des risques agricoles.

2.b. Les modèles d'Équilibre Général

i/ Le cadre GTAP

Généralités

Le « cadre » GTAP, né au début des années 1990 sous l'impulsion de T. Hertel de l'Université de Purdue, est à nos yeux celui qui est le plus transparent de tous les modèles économiques opérationnels et représentant les marchés agricoles. C'est assez logique car il y a début 2011, 253 institutions de recherche ou gouvernementales ou non gouvernementales qui utilisent ce cadre et plus de 2000 chercheurs qui contribuent à son développement. Une telle utilisation ne peut évidemment pas se faire sans une grande transparence dans les outils, les hypothèses, les données, ... Naturellement tous ces chercheurs et institutions ne sont pas tous autant concernés par les problématiques agricoles mais par définition, c'est un cadre

d'équilibre général appliqué au niveau mondial qui capte l'ensemble des économies et donc l'interaction des secteurs et marchés agricoles avec les autres secteurs et marchés. **Ce cadre GTAP est particulièrement utilisé pour simuler les effets de scénarios de libéralisation des marchés agricoles et nombre des résultats générés nourrissent les débats internationaux.**

En fait, le cadre GTAP est surtout constitué d'une grande base de données qui reprend les comptes sociaux de chaque pays en les rendant compatibles (flux de commerce). Ce travail est très lourd et inenvisageable au niveau d'un seul individu pour un nombre conséquent de pays et de produits. C'est là toute la force du réseau GTAP qui regroupe de nombreux économistes motivés par la modélisation en EGC et qui mettent donc en commun leurs ressources statistiques. Ce réseau essaie d'actualiser cette base de données et la dernière publiquement disponible représente les flux économiques de l'année 2004.

A coté de cela, sont développés des modèles qui expliquent les flux de ces comptes sociaux à partir de comportements économiques. Plusieurs modèles mobilisent les données GTAP et diffèrent à plusieurs titres : statique/dynamique d'un coté, représentations des comportements économiques (formes des fonctions de production et de préférences, soit encore calibrage des élasticités). Ces représentations de comportement ont longtemps été critiquées pour le fait qu'elles ne prenaient pas assez explicitement en compte les caractéristiques des marchés agricoles, notamment les faibles réactions aux prix des offres et demandes domestiques et également les imperfections sur les marchés des facteurs primaires. Face à ces critiques, l'Université de Purdue qui porte le projet GTAP a proposé une nouvelle version du modèle GTAP dénommée GTAP-Agr (Keeney et Hertel, 2005). Cette version se démarque de la version standard essentiellement à ce niveau des élasticités. Keeney et Hertel (2005) expliquent les différences apportées au modèle GTAP de base pour dériver la version GTAP-Agr. Le modèle GTAP de base est quant à lui détaillé dans Hertel et Tsigas (1997).

Par ailleurs, le modèle GTAP de base, ainsi que la version GTAP-Agr, est statique et de très nombreuses applications reposent sur cette version statique. Il existe également une version dynamique du modèle GTAP qui offre une meilleure, mais non parfaite (voir ci-dessous), représentation des décisions d'investissement et d'épargne. **A notre connaissance, il n'existe pas de versions stochastiques prenant en compte les comportements vis-à-vis du risque des agents économiques.**

Source de risques

Si le cadre GTAP est majoritairement utilisé pour des problématiques de long terme, nous pouvons trouver quand même quelques applications où des chocs aléatoires exogènes sont introduits. C'est par exemple le cas de l'article de van Meijl et von Tongeren (2002) qui étudie les subventions européennes aux exportations de produits agricoles et agro-alimentaires selon des chocs de productivité agricole dans le reste du monde. Les risques exogènes sur la production agricole sont également introduits de manière simple dans l'analyse de la robustesse du modèle par Valenzuela et al. (2007). Il convient de s'attarder un peu sur cette publication qui est aujourd'hui mentionnée par exemple dans les travaux de l'OCDE et la FAO pour également tester la robustesse du modèle Aglink-Cosimo.

Dans cet article, il est montré que le modèle GTAP standard ne permet pas de reproduire la volatilité des prix du blé observée dans diverses régions du monde (à partir des données FAO). Plus précisément, la volatilité est surestimée dans les pays importateurs et sous estimée dans les pays exportateurs. Pour simuler la volatilité, les auteurs effectuent des estimations économétriques des productions agricoles et utilisent les résidus pour déterminer les chocs à mettre dans le modèle GTAP. Pour améliorer la validité de leur modèle d'équilibre général calculable quant à la simulation de la volatilité, les auteurs introduisent alors une équation de transmission imparfaite des prix (entre prix domestiques et mondiaux). Il s'agit grossièrement d'une forme réduite visant à introduire de manière très implicite des rigidités à court terme. Cette équation simple de transmission imparfaite des prix est estimée économétriquement et le coefficient est intégré dans le modèle. Concrètement ce sont les droits de douane qui deviennent endogènes dans le modèle GTAP. Cette procédure améliore un peu les résultats du modèle.

Au minimum, deux problèmes nous apparaissent significatifs dans cette méthodologie. D'une part, les droits de douane deviennent endogènes. Comment simuler dès lors des baisses de droits de douane ? D'autre part, les estimations des chocs de production ou de transmission imparfaite des prix ne sont pas théoriquement compatibles avec les spécifications adoptées pour la production agricole et les échanges dans le modèle GTAP. Plus spécifiquement, la représentation des échanges est réalisée avec ce qu'il est traditionnel d'appeler la spécification Armington. De manière intuitive, l'idée de cette spécification est de supposer que les biens importés dans une région sont qualitativement différents des biens produits par cette même région. La justification principale de cette hypothèse est que nous observons très souvent des échanges croisés de biens et services, c'est-à-dire qu'une région donnée importe et exporte

simultanément les mêmes biens. Pour expliquer de tels échanges croisés, l'hypothèse avancée par Armington a donc été de supposer que les biens devaient être qualitativement différents selon leur origine. Si elle offre incontestablement des propriétés intéressantes au niveau de produits agrégés, il convient toutefois de souligner les inconvénients de cette approche. Un inconvénient notable pour notre propos sur les risques est qu'il n'existe plus vraiment un prix mondial d'un bien, mais seulement des prix régionaux. Les volatilités sont donc très différentes d'un pays à l'autre uniquement à cause de problèmes de qualité. Les transmissions de volatilité peuvent donc être très partielles sans que l'on puisse identifier précisément la source réelle de cette imparfaite transmission. A la limite, les auteurs auraient pu modifier les élasticités Armington aux échanges et également améliorer la pertinence de leur modèle pour la simulation de la volatilité des prix agricoles. Plus largement, il est curieux que les auteurs ne se posent jamais la question des élasticités d'offre et de demande qui peuvent être à trop long terme et donc trop atténuer les mouvements de prix.

A côté de ces risques dit exogènes, les risques endogènes liés aux erreurs d'anticipations ne sont pas réellement représentés dans ce modèle, y compris dans la version dynamique (voir ci-dessous). Tous les producteurs sont supposés connaître parfaitement les prix des inputs et des outputs quand ils décident de leur niveau de production et d'intrants.

Comportements économiques dynamiques et stochastiques

Des travaux intéressants sur les élasticités

Dans la version statique du modèle, les comportements sont très traditionnels. Typiquement, la production est le résultat d'une maximisation de profits de producteur sous contrainte technologique, la consommation finale est le résultat d'une maximisation de l'utilité sous contrainte budgétaire. Ces contraintes technologiques et les préférences des ménages sont capturées par des formes fonctionnelles plus ou moins flexibles, conduisant à un calibrage d'élasticités prix et revenus. Ces élasticités ont des impacts considérables sur les résultats des simulations, par exemple lorsque l'on veut étudier la volatilité des revenus agricoles. Des efforts notables ont été réalisés pour améliorer les élasticités dans la version statique du modèle. En fait, il est possible de diviser les élasticités du modèle GTAP-Agr en quatre types : les élasticités de substitution dans les technologies de production, les élasticités de mobilité des facteurs primaires de production, les élasticités Armington aux échanges et enfin les élasticités prix et revenus à la demande finale. Trop souvent, les technologies de

production sont représentés dans les modèles EGC par la forme Léontief pour les consommations intermédiaires et la forme CES pour le nid valeur ajoutée composée des facteurs primaires de production (travail, capital, terre). Cette représentation des substitutions entre intrants est clairement problématique pour les secteurs agricoles où de nombreux travaux économétriques ont mis en évidence des relations de substitution entre intrants chimiques et terre d'une part, entre matières premières pour l'alimentation animale d'autre part. Keeney et Hertel proposent dans la version GTAP-Agr de modifier cette spécification en introduisant plusieurs formes CES et en les calibrant à partir des informations contenues dans la revue de littérature effectuée par l'OCDE. La mobilité des facteurs primaires de production entre secteurs d'activité détermine dans une large mesure les effets d'expansion ou de contraction de ces secteurs d'activité et par suite la facilité avec laquelle les agents économiques peuvent changer face à l'occurrence d'un événement favorable ou défavorable. La modélisation de cette mobilité est donc naturellement très importante. Très souvent, le facteur terre est supposé spécifique aux secteurs agricoles tandis que le travail et le capital sont eux parfaitement mobiles entre secteurs d'activité. Concrètement, cela signifie que le travail agricole peut être facilement utilisé dans d'autres secteurs, de l'industrie ou des services. Et inversement, une personne employée dans le secteur des services peut facilement devenir agriculteur. Une telle hypothèse ne peut être envisageable que dans le très long terme, ce qui n'est pas l'horizon le plus pertinent pour l'analyse économique des risques agricoles. Par ailleurs, cette hypothèse implique que tous les salaires sont égaux alors qu'il peut exister des différences de rémunération du travail ou du capital. Pour tenir compte de ces points, Keeney et Hertel proposent de spécifier une mobilité imparfaite du travail et capital entre groupe d'activités, les secteurs agricoles d'un côté, les secteurs non agricoles de l'autre. Ceci est mis en œuvre à partir de fonctions CET (Constant Elasticity of Transformation) dont les paramètres sont de nouveau calibrés à partir de la revue de l'OCDE. Les élasticités concernant les échanges se réduisent aux seules élasticités de substitution Armington. De récentes estimations économétriques ont été conduites par le réseau GTAP et sont implémentées dans le modèle. Enfin, une des originalités des modèles GTAP et GTAP-Agr réside dans la représentation des préférences des consommateurs (et par suite des élasticités prix et revenus de la demande finale). En effet, elle est réalisée à partir du système CDE (Constant Difference of Elasticities). Il faut toutefois reconnaître que la demande finale dans la demande totale domestique est finalement peu importante pour les produits agricoles, si bien que ces élasticités ont vraisemblablement peu d'impacts sur la simulation de la volatilité des prix agricoles.

Une dynamique ad hoc pour l'investissement

Ces travaux sur les élasticités « statiques » sont utiles, nécessaires mais loin d'être suffisants par rapport à la problématique des risques agricoles. En effet, ces comportements restent statiques et ne prennent pas en compte par exemple les décalages entre décisions de production et les ventes. Dans la version dynamique du modèle GTAP, l'accent est en fait mis sur l'accumulation du capital physique. La variable clé est en fait l'investissement qui augmente le stock de capital, qui lui subit une dépréciation exogène annuelle. Cet investissement est en fait déterminé au niveau des pays et non par secteur dans chacun des pays. Il est donc fait comme s'il y avait un stock de capital disponible au début de période qui pouvait s'allouer « facilement » (selon les fonctions de mobilité mentionnées ci-dessus) entre les différents secteurs. L'investissement n'est déterminé qu'au niveau global sans savoir quel est le véritable acteur qui investit, ni avec quel financement. Il est uniquement vérifié que cet investissement est égal à l'épargne disponible. C'est ce qu'on appelle traditionnellement le bouclage néoclassique. L'épargne quant à elle est déterminée de manière ad hoc comme une simple proportion des revenus des ménages. Il n'y a donc pas de véritables arbitrages reposant sur des anticipations de la part des ménages. C'est pour cela que nous arguons que la dynamique introduite dans le modèle GTAP est assez ad hoc car les schémas d'anticipation ne sont pas clairement identifiés.

La non modélisation des secteurs de l'assurance et des services financiers

Les données utilisées pour rendre opérationnels les modèles EGC sont classiquement regroupées dans des matrices de comptabilité sociale qui retracent les flux économiques pour une période donnée entre les différents agents d'une économie. Toute la force du cadre/réseau GTAP est de construire et mettre en cohérence des matrices de comptabilité sociale pour de nombreux pays et à un niveau de détail sectoriel considérable (même si l'on peut toujours souhaiter plus de détails pour telle ou telle étude). La dernière version disponible est calibrée sur les flux de l'année 2004 et comprend 57 secteurs d'activité et 113 pays ou groupe de pays. Sur ces 57 secteurs, une vingtaine concerne les branches agricoles et agroalimentaires, les autres représentent les industries manufacturières et les services. 2 secteurs services sont concernés par la problématique des risques, il s'agit du secteur des assurances d'une part, des services financiers d'autre part.

Dans les matrices de comptabilité sociale, nous avons donc les dépenses par les secteurs d'activité, y compris l'agriculture, en primes d'assurances. Les données sources sont les

tableaux entrées sorties des comptabilités nationales. En revanche, il n'apparaît pas clairement où sont reportées les indemnités versées par les assureurs. Au-delà de cette question sur les données réellement représentées, on peut également émettre des interrogations sur les modélisations de comportements. L'assurance est traitée comme un input standard (comme des semences de blé pour faire du blé par exemple) sans aucune considération d'éventuelle aversion au risque, ni de savoir si les primes sont actuariellement fondées.

Le même genre de remarques peut être formulé pour les services financiers. Les dépenses correspondantes incluent vraisemblablement les intérêts d'emprunts payés par les producteurs, y compris agricoles, mais cela n'est pas du tout mis en relation avec les montants des dettes par exemple.

Toutefois, il faut bien comprendre que les modèles EGC ont initialement surtout été envisagés dans une optique de long terme sans se préoccuper des problèmes éventuels entre les sphères réelles et financières. C'est pour cela que les modélisations sont si frustes pour l'instant et que ces modèles ne sont pas réellement pertinents pour les analyses de court terme.

Des stocks en statique ?

Lorsque nous examinons la qualité des données agricoles en comparant les données de marché (production, demande et échanges) aux données sur les volumes et prix fournis dans les bases de la FAO, de l'USDA ou du FAPRI, il apparaît que les données sur les échanges commerciaux en valeur sont très proches entre ces différentes sources. La situation est nettement plus contrastée pour les productions et demandes domestiques. Ceci s'explique en partie par le fait que, lors de la mise en cohérence des données de tous les pays, les variations de stocks sont systématiquement annulées (McDougall, 2002). Dès lors, si les changements de stocks sont importants une année donnée, cela peut entraîner des différences notables sur les autres variables qui servent à l'ajustement.

Mentionnons quand même une tentative de modélisation des stocks dans le modèle GTAP par Hertel et al. (2005). Ces auteurs partent du constat que les modèles EGC ne sont pas adaptés pour simuler l'impact de choc annuel et veulent donc introduire les stocks qui peuvent jouer un rôle important. Un modèle simple de stockage où les anticipations n'apparaissent pas clairement est décrit et estimé sur données américaines pour les céréales. Puis cette équation simple est introduite dans le modèle GTAP et le modèle est simulé selon plusieurs chocs de productivité agricole (comme dans Valenzuela et al. 2007 cité ci-dessus). Les auteurs utilisent également une autre procédure et un autre calibrage des paramètres de la fonction de

stocks. Ces paramètres des fonctions de stockage sont déterminés de telle sorte à reproduire les variations des stocks relativement aux productions. Selon cette méthode de calibrage, les coefficients sont très différents de ceux résultants de l'estimation économétrique. Pour tester la validité des deux procédures, les auteurs comparent alors les implications sur la volatilité des prix et il apparaît que l'une atténue trop les variations de prix (la seconde méthode de calibrage) et l'autre (l'économétrie sur la fonction de stockage) pas assez. Des valeurs intermédiaires améliorent la validité sans compromettre complètement la reproduction des observations sur les stocks.

Si une modélisation des stocks est toujours plus intéressante que la négation de l'existence de stocks, elle reste quand même assez curieuse car cela est fait dans un cadre statique. Les problèmes dynamiques avec les nécessaires anticipations de prix sont donc ignorés, il est donc difficile de relier ce travail à la littérature sur le stockage et le risque en agriculture.

Instruments privés et publics de gestion des risques

Les politiques publiques en général, agricoles en particulier, sont introduites dans les modèles GTAP et GTAP-Agr sous la forme de 5 instruments.

Il s'agit tout d'abord de droits de douane à l'importation pour chaque bien et chaque flux d'échanges (entre deux zones). Ces droits de douane sont supposés représenter sous forme ad valorem l'ensemble des mesures qui restreignent l'accès au marché, y compris les aspects préférentiels et les mesures non tarifaires.

Il s'agit ensuite des subventions à l'exportation qui sont encore distinguées par produit et par flux d'échanges. Dans la construction de la base de données GTAP, il n'a pas été possible de convertir toutes les mesures de soutien à l'exportation en une seule subvention équivalente à l'exportation (Elbehri, 2002). Sont seulement incluses les subventions directes aux exportations de l'Union Européenne (à partir des notifications de l'Union Européenne à l'OMC). En revanche, les systèmes d'aide alimentaire, de crédits à l'exportation ou encore d'entreprises commerciales d'état ne sont pas inclus dans les données et par suite dans le modèle. L'hypothèse implicite est alors que ces systèmes n'ont pas d'impacts sur les marchés et sur les surplus économiques, ce qui est bien évidemment de nature à soulever des débats.

Les trois autres instruments concernent directement les secteurs d'activité et comprennent les subventions/taxes directes à la production, les subventions/taxes à l'utilisation de consommation intermédiaires et enfin les subventions/taxes à l'utilisation des facteurs

primaires de production. Selon Dimaranan (2002), les montants de ces différentes subventions sont calibrés à partir des données ESP de l'OCDE. Plus précisément, les subventions à l'output comprennent les catégories B (subventions à l'output) et H (autres paiements) de cette base ESP. Concrètement, cela veut dire que les subventions liées aux programmes de prêts à la commercialisation sont considérées comme une subvention à la production, ce qui constitue la façon la plus naturelle et commune de le faire.

Les subventions aux intrants comprennent quant à eux les dépenses des catégories E1 (subventions aux inputs variables) et E2 (subventions aux services à la ferme) de la base ESP. Par exemple, dans le cas américain au secteur des grandes cultures, cela comprend essentiellement les subventions à l'énergie (détaxation du fuel), à l'irrigation mais également des programmes de crédit et des aides d'État. Ces subventions sont réparties proportionnellement entre les différents intrants, ce qui constitue une méthode d'allocation assez curieuse. En effet, cela implique que les subventions à l'irrigation ou la détaxation du fuel sont pour parties considérées comme des subventions aux semences, aux engrais, pesticides,

Enfin, les dernières mesures sont les subventions à l'utilisation de facteurs primaires (uniquement subventions à la terre dans le cas américain et pour l'Union Européenne), cela concerne en plus les primes bovines qui sont considérées comme des subventions au capital pour les activités bovines car le cheptel animal n'est pas explicitement distingué. Ces subventions à l'utilisation du facteur terre comprennent donc l'ensemble des autres mesures des ESP, notamment les paiements directs, les paiements anticycliques, les paiements d'assurance ou encore les concessions fiscales. Cette modélisation suppose donc que ces différents paiements sont pleinement capitalisés dans le facteur terre, ce qui constitue évidemment une hypothèse extrême par rapport à la problématique des risques agricoles.

En conclusion

Par définition, un cadre d'équilibre général calculable tel que GTAP est susceptible d'apporter plus d'éclairage sur les problèmes des risques en agriculture car de nombreux mécanismes économiques peuvent être représentés dans un tel cadre. De l'autre côté, cette approche peut servir à de nombreuses autres problématiques économiques. Si l'on peut louer les efforts pour améliorer la représentation par les élasticités des technologies de production agricole et des préférences des ménages vis-à-vis des biens agroalimentaires, ce cadre est encore loin d'être pertinent pour l'analyse des problèmes économiques soulevés par les

risques agricoles. Les comportements dynamiques sont peu nombreux et relativement ad hoc, les aspects stochastiques (assurances) sont considérés en fait de manière déterministe.

ii / ID3s

Généralités

Par comparaison aux modèles décrits précédemment, celui ci est relativement jeune, les travaux ayant démarré au début des années 2000. Il est bien décrit dans deux publications par Boussard et al. (2004, 2006). De manière générale, ce modèle cherche surtout à exploiter/valider/élargir les précédents travaux conduits par J.M. Boussard sur le risque en agriculture dans des modèles d'équilibre partiel. Ces travaux illustrent l'importance de l'aversion au risque des acteurs et de leurs anticipations dans les dynamiques de marché. Le point de départ est le modèle statique GTAP décrit précédemment avec des améliorations substantielles sur la dynamique, l'aversion au risque et les anticipations.

Sources de risques

L'originalité première de ce modèle est d'introduire de la dynamique au sein de la production agricole et de spécifier des schémas d'anticipations non rationnelles. En d'autres termes, **l'accent est mis sur la prise en compte de risques endogènes en plus des risques exogènes traditionnels sur la production agricole.**

A notre connaissance, essentiellement des schémas d'anticipation naïfs sont spécifiés. Si des anticipations rationnelles sont évidemment extrêmes dans les connaissances supposées de la part de tous les agents économiques, des anticipations complètement naïves sont aussi considérés assez extrêmes dans la littérature économique. Si l'on se concentre uniquement sur l'espérance de prix, pour simplifier temporairement la discussion, cela revient à dire que le prix de l'année précédente est considéré comme le prix qui va prévaloir l'année prochaine. Nous avons vu auparavant (discussion sur le modèle FAPRI) qu'il est généralement reconnu que cela peut conduire à des dynamiques divergentes et que les agents peuvent tout de même un peu interpréter les observations récentes des marchés. Ainsi dans FAPRI, si le prix est aujourd'hui élevé du fait de rendements faibles, l'anticipation de prix pour la future campagne tient compte de la déviation du rendement par rapport à sa tendance. Dans le modèle ID3, c'est "grâce" à l'introduction d'une aversion au risque que ce phénomène de divergence est maîtrisé. En fait, selon Just et Rausser (2002), des schémas naïfs pourraient éventuellement

être cohérents lorsque l'information est très coûteuse ou lorsque les prix ont peu varié les années précédentes. De tels schémas sont moins vraisemblables dans les autres cas.

Comportements économiques dynamiques et stochastiques

Par rapport au modèle GTAP statique, l'innovation majeure réside donc dans la reconnaissance d'un délai entre les applications d'intrants et la production effective agricole. Par contre, les comportements dynamiques de stockage ne sont pas, à notre connaissance, intégrés au modèle. Par ailleurs, l'investissement sectoriel dans du capital physique est réalisé au niveau macroéconomique et non directement par les secteurs. Corrélativement, il y a un raisonnement seulement annuel dans le comportement des producteurs agricoles et ces derniers ne décident pas réellement de leur niveau d'investissement.

Les prix (et éventuellement les rendements) ne sont pas connus avec certitude, les agriculteurs doivent les anticiper. Ils anticipent en fait une distribution de ces prix et les producteurs optimisent leurs choix de production par rapport aux différents prix pouvant survenir lors de la prochaine campagne. Les producteurs sont supposés averse au risque avec une aversion absolue au risque constante avec la richesse. C'est évidemment plus cohérent avec les estimations économétriques concluant généralement à de l'aversion au risque des producteurs agricoles. Par contre, cela ne reconnaît pas que cette aversion est généralement supposée décroissante avec le niveau de richesse.

Cette aversion absolue au risque étant constante, les auteurs utilisent alors l'approximation moyenne variance pour représenter le comportement de maximisation de l'espérance d'utilité. Cette représentation suppose implicitement des variables aléatoires normales, hypothèse loin d'être vérifiée par les tests économétriques sur les séries de prix agricoles (Goodwin et Ker, 2002).

Par ailleurs, l'implémentation de cette spécification suppose de connaître la variance anticipée des agents. Là encore, une hypothèse de « naïveté » est posée sans grande justification empirique. Mais cela constitue indéniablement une source de rappel au modèle dynamique qui prévient sa divergence.

L'introduction de cette aversion au risque est intéressante mais considère que les agriculteurs n'ont aucun moyen, sinon leurs décisions de production, pour gérer les conséquences des risques de prix. En particulier, l'utilisation de contrats à terme sur les marchés du futur est interdite. Ils ne peuvent donc pas partager/transférer les risques qui

pèsent sur leurs revenus à d'autres agents économiques alors que l'article de Boussard (1996) souligne justement que cet effet de cession du risque est très important.

Instruments privés et publics de gestion des risques

Cela reprend globalement le cadre GTAP. Citons tout de même que l'hypothèse d'aversion au risque constante de la part des agriculteurs implique que les paiements directs n'ont pas, toutes choses égales par ailleurs, d'effets incitatifs à la production. A l'inverse, une large littérature s'est récemment développée pour montrer que ces paiements pouvaient avoir un effet de production lorsque cette aversion est décroissante avec la richesse. Par conséquent, le modèle ID3 ne peut pas, sans modification, réellement simuler ces effets des paiements directs.

En conclusion

Ce modèle d'équilibre général calculable relativement nouveau par rapport aux autres modèles se démarque du modèle statique GTAP par l'introduction de la dynamique de production agricole et la prise en compte de l'aversion au risque des producteurs agricoles. Il tient compte des risques endogènes et exogènes. Par contre, il suppose jusqu'à présent des schémas d'anticipation assez extrêmes, qui restent frustes par rapport à des décisions dynamiques importantes comme l'investissement et l'épargne. Enfin, les nouveaux instruments de gestion des risques tels que les assurances, les marchés à terme, ou les décisions de stockage ne sont pas encore spécifiés. En d'autres termes, ce modèle propose des innovations intéressantes sur les comportements mais reste aussi relativement « incomplet » dans la structure de marchés.

iii/ « Momagri »

Généralités

Cette initiative de modélisation des marchés agricoles est encore plus récente que la précédente, elle date selon nos informations du milieu des années 2000. Les premières publications sont très récentes (Munier et Briand, 2009, Munier, 2010) et ne fournissent pour l'instant qu'un aperçu seulement de ses différentes dimensions. Nous détaillons plus les hypothèses de ce modèle comme demandé dans la lettre de commande de cette étude.

Par rapport aux autres modèles, l'approche retenue par les auteurs est une approche par modules car un modèle seul ne peut pas résoudre toutes les questions que se sont fixées les modélisateurs. Il y a donc un module central et des modules périphériques. Dans les documents disponibles seul le module central et le module risque sont décrits. L'articulation entre ces deux modules est la suivante :

le module central est un modèle d'équilibre général calculable (EGC) qui simule les effets annuels sur les marchés, les revenus, les variables macro-économiques de différents scénarios. Selon les auteurs, les prix agricoles dans ce module central sont prédéterminés dans le module risque. Les résultats du module central, plus précisément les revenus agricoles, sont ensuite utilisés dans le module risque pour déterminer les prix de l'année suivante. Ce processus d'échanges de résultats est effectué pour toutes les années simulées. La description porte d'abord sur le module central, puis sur le module risque. Les résultats fournis sont trop peu nombreux pour pouvoir en tirer des réelles informations sur la modélisation.

Le modèle EGC central

Le modèle central est un modèle EGC multi-pays utilisant les données initiales GTAP et dont de nombreuses spécifications sont usuelles (comme le système LES pour représenter la demande), voire restrictives (comme la modélisation des échanges et des fonctions de production). Les caractéristiques remarquables sont les suivantes :

- les prix agricoles (plus précisément des produits céréales, graines oléagineuses, autres cultures, animaux, autres produits agricoles) sont supposés fixes, par produits et par région. Ils viennent du module risque. Dans un modèle EGC classique, les prix assurent l'équilibre entre l'offre et la demande. La question naturelle est alors de comprendre comment l'équilibre est atteint pour ces marchés. La section 3 du document de travail (Munier et Briand, 2009) détaillant ce module central ne l'explique pas. Lorsqu'on examine les équations reportées en annexe, l'introduction de ces prix agricoles exogènes apparaît incohérente. Ces prix exogènes apparaissent dans trois équations (41, 36 et 17). L'équation 41 définit la recette des producteurs comme la vente sur le marché domestique et sur les marchés d'exportation. Les prix pour les consommateurs sont endogènes. Cela implique déjà que la consommation de produits agricoles n'est pas à un prix fixe. A ce stade, nous pouvons comprendre donc que ce sont uniquement les prix producteurs qui sont éventuellement fixes et non pas les prix consommateurs. Lorsque l'on combine cette équation 41 à l'équation 36 définissant la valeur

ajoutée des secteurs agricoles, les prix agricoles exogènes disparaissent complètement du programme du producteur. C'est-à-dire que les valeurs ajoutées agricoles (ou marges) sont égales aux recettes liées à la vente sur les marchés (au prix consommateur) moins les coûts des consommations intermédiaires. Donc les producteurs réagissent par rapport à ce que les consommateurs sont prêts à payer leurs produits et par rapport à leur coût de production, ce qui est très classique. L'équilibre des marchés agricoles se fait donc bien grâce à des prix de marché auquel les consommateurs et producteurs réagissent. Mécanisme traditionnel donc, à l'inverse de ce qui est annoncé. Ce qui semble incohérent est l'apparition de ces prix exogènes dans la formation du revenu du gouvernement (équation 17). Les gouvernements nationaux paient des subventions agricoles (si la variable t_{adj} est négative) ou reçoivent des taxes (si la variable t_{adj} est positive) mais sans savoir qui perçoit (ou paye) ces subventions (ces taxes). Il y a donc une dépense gouvernementale (recette) créée dans le modèle sans contrepartie pour un autre acteur. Les flux monétaires ne sont pas, selon notre compréhension, équilibrés ce qui doit se vérifier par le non respect de la loi de Walras valable dans tout modèle EGC. C'est d'ailleurs « grâce » à cette incohérence que les prix agricoles exogènes ont un effet dans leur modèle.

- La modélisation de l'offre agricole est micro-économiquement fondée (les équations dérivent de programmes standards d'optimisation) mais le calibrage des paramètres de comportement est très contestable. Premièrement, la terre est supposée fixe dans toutes les productions et toutes les zones. Cela implique qu'année après année les agriculteurs ne changent pas du tout leurs assolements. Cela signifie également qu'il n'y a dans aucune région du monde des surfaces susceptible d'être mise en culture ou retirées de la production. Ceci est en complète contradiction avec la réalité. Deuxièmement, la technologie de production est composée de fonctions Léontief pour les inputs et Cobb Douglas pour la valeur ajoutée. Les autres facteurs de production (travail/capital) sont parfaitement mobiles d'une activité à l'autre. Cela implique qu'il n'y a aucun effet des engrais et pesticides sur les rendements agricoles. La combinaison des hypothèses Cobb Douglas à la valeur ajoutée et parfaite mobilité des facteurs de production implique une très forte élasticité prix de l'offre agricole annuelle, qui n'est supportée par aucune étude économétrique et est favorable à l'apparition d'un cobweb chaotique. L'hypothèse de mobilité des facteurs autre que la terre implique que toute variation des prix agricoles se traduit uniquement dans une variation du prix de la terre et pas du tout dans la rémunération du capital ou du travail. Il n'y aurait donc pas de « problèmes agricoles » car cette hypothèse implique que le travail et le capital

agricole sont toujours autant rémunérés que le travail et capital non agricole. En d'autres termes, cette modélisation implique qu'il n'y a aucune spécificité au travail et capital agricole.

- Au niveau de la demande de biens agricoles, la demande finale est modélisée de manière standard avec un système LES. Par contre, la demande de céréales pour l'alimentation animale est supposée dépendre uniquement des productions animales et pas du tout de leur prix. Cela ne reflète pas les substitutions qui ont eu lieu entre ces céréales et les PSC. Plus généralement, cela vient diminuer les élasticités prix de la demande et par suite favoriser une fois encore l'apparition de cobweb chaotique.

- Au niveau des échanges, là encore la modélisation est fondée du point de vue micro-économique mais le calibrage des paramètres est tout simplement impossible. En effet les auteurs adoptent une approche à la Armington, tant à l'exportation qu'à l'importation. Mais les élasticités de substitution/transformation sont toutes nulles. On ne peut pas comprendre alors comment le modèle peut être résolu avec un équilibre sur les échanges (ie que ce qui est exporté par un pays est importé par l'autre). Concrètement ces hypothèses impliquent qu'une demande d'un produit agricole dans un pays sera toujours satisfaite par la même proportion de biens domestiques et de biens importés. De manière symétrique, la répartition entre exportations et ventes domestiques d'une production sera toujours la même. Pour mieux percevoir le problème, imaginons le cas très simple de deux pays, le pays 1 produisant 100 unités du bien considéré, en exporte 10 au pays 2 et en écoule donc 90 sur son marché intérieur. Le pays 2 en produit 50 et en consomme donc 60. C'est la situation initiale. Supposons que la production dans le pays 1 recule à 90 suite à un choc, soit une baisse de 10%. Alors les exportations de ce pays seront nécessairement égales à 9, les ventes intérieures à 81 (recul des deux débouchés de 10%). Pour avoir l'équilibre sur le marché des échanges, il faut donc que les importations du pays 2 reculent de 10 à 9, ce qui implique que la consommation totale dans ce pays également recule de 10% (passage de 60 à 54) et sa production également (passage de 50 à 45). L'on voit par cet exemple que toutes les productions / consommations / échanges doivent évoluer exactement de la même manière dans tous les pays avec ces hypothèses d'absence de substitution aux échanges.

- La dernière caractéristique importante à relever sur ce modèle EGC central est que c'est un modèle statique et certain. Ne sont pas pris en compte la dynamique d'accumulation du capital, le comportement d'épargne ou encore le décalage entre décision de production et récolte qui est souvent avancé comme caractéristique de l'agriculture. Il n'y a donc curieusement aucun comportement dynamique, aucun schéma d'anticipation dans ce module

central. Du coup les stratégies d'investissements étalés dans le temps sont ignorées alors qu'ils peuvent être une variable d'ajustement aux fluctuations de revenus. En effet, les agriculteurs peuvent différer certains investissements lorsque les recettes sont faibles et inversement. Cela permet en partie de lisser les impacts sur les revenus des ménages agricoles. Plus généralement, toutes les stratégies des producteurs pour se couvrir des conséquences des risques sont ignorées (épargne/emprunt également). L'épargne est déterminée au niveau de ménages comme une simple part du revenu disponible. Il n'y a donc aucun schéma d'anticipation clairement identifié ici. Cette épargne détermine ensuite la valeur des investissements. Cette dernière se répartit selon des proportions fixes entre les différents biens d'investissements, y compris les variations de stocks en théorie (si les auteurs n'ont pas modifié la base de données GTAP, alors ces variations sont supposées nulles initialement). En d'autres termes, dans le modèle EGC, les éventuelles variations de stocks ne répondent à aucune logique d'anticipation. Les marchés financiers ne sont pas intégrés à ce modèle central. Les éventuelles gains/pertes des acteurs participant à ces marchés financiers ne sont pas intégrés à l'analyse. Certes, les pertes des uns font les gains des autres mais cela peut modifier l'allocation des ressources si les comportements de ces acteurs sont différents.

Le module risque

Décrivons à présent le module risque qui est nettement plus original. Ce module est composé de plusieurs modèles mono-marchés, définis donc pour chaque produit agricole et chaque pays. Dans chaque modèle mono marché interviennent, outre les producteurs, consommateurs et stockeurs, des investisseurs / spéculateurs ayant différents schémas d'anticipation selon le contexte des marchés. Deux sources de risques sont introduites dans ces marchés : un risque productif multiplicatif d'une part, des erreurs d'anticipation d'autre part. Les caractéristiques remarquables sont les suivantes.

- Ces modèles sont appliqués indépendamment les uns des autres et donc ignorent l'existence d'échanges entre les régions. Cela implique concrètement que les spéculateurs sur Euronext ignorent l'existence de marchés à terme à Chicago. La prise en compte de ces échanges avec des effets allant dans des directions différentes par pays pourrait peut être conduire à des prix plus stables car il y aurait des forces de rappel plus nombreuses à la divergence des prix. De même, l'absence de corrélations croisées entre les différents marchés (végétaux / animaux) est réductrice.

- La production répond à son propre prix dans ces différents modules, il n'y a donc aucun effet des coûts de production et/ou des mesures de politique agricole. Il y a donc peu de force de rappel à l'éventuelle divergence du modèle. La prise en compte de l'aversion au risque et de différents schémas d'anticipation des prix (avec l'espérance des revenus et la variance de ces revenus) est novatrice et de ce fait la robustesse des résultats à ces hypothèses difficilement vérifiables mériterait d'être plus amplement testée. Par contre, il est très surprenant d'observer que les producteurs n'utilisent pas du tout les marchés financiers. Cela implique que les producteurs agricoles ne couvrent pas du tout une partie de leur production, ni n'utilisent les prix à terme pour décider leur niveau de production. Les marchés financiers ne servent qu'à des « short-term investors ».

- Dans ce module risque, la demande des produits agricoles a trois composantes : la demande totale classique calibrée à partir du module central, la demande de stocks et enfin la demande des investisseurs. La première dépend uniquement de son propre prix, ce qui est une approximation correcte lorsque d'emblée on exclut les effets croisés. La deuxième (stocks) est peu claire : l'équation (14) suppose que les variations de stocks ajustent automatiquement les déséquilibres offre - demande. Ceci est très curieux car dans ce cas il n'y a pas de prix d'équilibre mais juste une variation de stocks d'équilibre sachant des prix producteurs et consommateurs. Comme le font remarquer Semmler et Lucas (2010) dans leurs commentaires sur l'article Munier (2010), on ne sait pas quel mécanisme assure que ces stocks ne deviennent pas négatifs. La troisième demande, par les investisseurs, est une demande nette, pouvant donc être négative, qui applique en gros les travaux théoriques de Westerhoff (2003). Sont distingués deux types d'investisseurs qui, selon leurs informations, vont réagir différemment sur les marchés à terme en prenant des positions inverses à l'évolution des prix. Outre le fait que ces positions ne sont pas reportées dans le modèle EGC central, ce qui est très curieux est le fait que la demande nette par les investisseurs se rajoute à la demande totale. Supposons temporairement que cette demande nette est positive. Comment se fait-il qu'elle se rajoute à la demande totale ? Où se retrouvent concrètement ces quantités physiques ? Or les investisseurs/spéculateurs détiennent très rarement des volumes de produits, ils ont seulement des contrats « papiers ». Toujours dans le cas d'une demande nette positive, on pourrait s'attendre à ce qu'ils alimentent éventuellement les stocks mais le papier ne donne pas la dynamique de stocks. Supposons à l'inverse que cette demande nette est négative. D'où viennent alors ces quantités ? Et si jamais les stocks sont nuls ?

Les auteurs distinguent deux types d'investisseurs, les premiers sont naïfs et les seconds conservateurs. En fait, pour déterminer leurs positions nettes sur les marchés financiers, les auteurs supposent que ces agents connaissent le prix anticipé des producteurs parce qu'ils observent leur décision de production. Cela suppose implicitement que les investisseurs connaissent parfaitement les technologies de production des producteurs, leurs fonctions objectives, leurs contraintes, ... On pourrait même dire qu'ils sont « rationnels » vis-à-vis des producteurs. On peut alors se demander pourquoi ils ont cette information de manière parfaite et aucune pour les consommateurs.

Dernier point, les auteurs n'explicitent pas si les prix sont des prix comptants (spots) ou des prix à terme. Certes, à la date de maturité des contrats, les deux ont dans des conditions « normales » tendance à se rejoindre (il reste toujours un risque de base quand même) mais les investisseurs/spéculateurs agissent aussi en fonction de la différence entre ces prix à terme et les prix comptants. Dans cette analyse, il semble qu'il n'y a pas de problèmes de convergence entre les prix spots et les prix à terme.

En conclusion

Partant du constat que les modèles d'économie agricole n'étaient pas pertinents pour l'analyse des problèmes liés au risque en agriculture, ce projet propose des innovations intéressantes dans cet objectif. Ainsi sont considérés des problèmes dynamiques d'anticipation des prix, de l'aversion au risque, des marchés de gestion des risques avec les marchés à terme. Ces développements sont évidemment utiles. Par contre, la cohérence théorique de ce modèle ne nous apparaît pas assurée. Les informations sont bien trop insuffisantes pour comprendre les résultats d'un tel modèle, et par suite ses propriétés normatives.

iv/ « Femenia »

Généralités

Partageant le constat précédent sur l'inadéquation des modèles pour traiter des problèmes liés au risque en agriculture, l'unité SMART INRA-Agrocampus de Rennes a également initié des travaux sur cette thématique. Cela s'est en particulier manifesté par la réalisation des travaux rassemblés dans la thèse de F. Féménia (2010). Convaincu de la complexité de la problématique avec ses nombreuses dimensions (différentes sources de risques, différents instruments de gestion des risques), le parti pris initial a été de travailler en équilibre général

calculable. La philosophie de la démarche consiste à introduire progressivement ces nombreuses dimensions en partant du modèle GTAP statique. Une raison est que, même si les données GTAP sont forcément perfectibles, elles sont largement utilisées et les résultats novateurs sont uniquement attribuables aux spécifications et non aux données.

Les travaux menés jusqu'à présent sont fortement centrés sur les problèmes de dynamique et d'anticipations avec un focus sur le secteur des grandes cultures.

Sources de risques

Les deux principales sources de risque sont prises en compte avec en premier lieu des risques exogènes sur la production agricole de manière standard. C'est évidemment perfectible car cela ne reconnaît pas le fait que certains inputs (produits phytosanitaires par exemple) ont plutôt tendance à réduire qu'à augmenter les risques de production. En deuxième lieu, des risques endogènes liés aux anticipations de prix des agents économiques sont également pris en compte. En fait, à l'inverse de deux modèles précédents, ces risques endogènes sont pertinents pour toutes les variables prix. En d'autres termes, **il est considéré des anticipations sur les prix des outputs évidemment, mais également sur les prix des intrants, la rémunération des facteurs de production ou encore les taux d'intérêt/les taux de change pour les différentes périodes futures.** Cela vient du fait que toutes les décisions dynamiques sont explicitement représentées, ce que nous discutons à présent.

Comportements économiques dynamiques et stochastiques

Par rapport au modèle GTAP statique, l'innovation majeure réside donc dans la modélisation explicite de tous les comportements dynamiques : il s'agit des décisions annuelles de production qui incluent un délai entre les applications d'inputs (et de facteurs comme les surfaces agricoles) et la production effective. Il s'agit également des décisions d'investissement directement par les producteurs. Il s'agit enfin des décisions d'épargne des ménages qui renoncent, lorsqu'ils épargnent, à de la consommation immédiate. Évidemment pour toutes ces décisions interviennent des anticipations de prix et de rémunérations. Il va donc y avoir des effets croisés entre les différentes anticipations.

Dans la philosophie d'une démarche progressive, cette dynamisation cohérente du modèle a d'abord été conduite sous de nombreuses hypothèses, notamment sans aversion au risque de

la part des agents, ni existence de marchés à terme, ni stockage physique, ni de modélisation originale pour l'assurance agricole. Cette version première permet d'illustrer les effets en retour des différents schémas d'anticipation appliqués aux différentes décisions. Les simulations sont réalisées avec plusieurs schémas d'anticipation : myope, naïf, adaptatif et finalement parfaitement rationnel. Il n'est pas modélisé l'information optimale utilisée par les agents économiques mais ce balayage des anticipations veut implicitement couvrir l'ensemble des possibles de ce point de vue.

Dans un deuxième temps, l'activité de stockage spéculatif/compétitif est introduite, suivant en cela toute la littérature sur le stockage compétitif qui s'est développée uniquement en équilibre partiel. Par rapport à cette littérature, une différence fondamentale porte sur les anticipations. Le modèle EGC avec chocs exogènes et stockage n'est pas résolu avec anticipations rationnelles à cause de problèmes de calcul. Une autre différence fondamentale tient au fait que les capacités de stockage et les coûts unitaires de stockage sont déterminés de manière endogène, du fait de l'équilibre général calculable. Il s'avère que cela influence la dynamique des marchés parce que cela influe sur les niveaux optimaux de stocks.

Instruments privés et publics de gestion des risques

Comme le point de départ est le modèle GTAP statique, le modèle souffre des mêmes limites et bénéficie des mêmes avantages. Précisons toutefois que des simulations de politique sur le stockage public sont permises et ont été testées (subvention des coûts de stockage).

En conclusion

Cette recherche très récente offre un cadre original en ce sens que toutes les décisions dynamiques sont réellement modélisées, que différents schémas d'anticipation voulant refléter différents coûts d'acquisition de l'information sont testés. Ce travail tient également compte des risques endogènes et exogènes. Par contre, l'aversion au risque des agents n'est pas prise en compte, de même que de nombreux instruments de gestion des risques ne sont pas explicitement développés (marchés à terme, assurance). Par conséquent, ce modèle propose lui aussi des innovations intéressantes sur les comportements mais reste aussi relativement « incomplet » dans la structure de marchés.

Pour résumer cette deuxième partie, nous fournissons dans le tableau 2.2 une vue d'ensemble de ces principaux modèles des marchés agricoles quant à leur traitement du risque. Malgré une multiplication de ces modèles, force est de constater que plusieurs d'entre eux ne sont pas du tout pertinents pour l'analyse des enjeux économiques liés aux risques agricoles. Il existe même, à ce jour, une relative exception française à vouloir y intégrer ces enjeux. Plus encore, tous les modèles économiques sur les marchés agricoles pouvant étudier les questions de l'instabilité reposent sur des structures de marché très incomplètes et/ou des comportements trop simple : soit l'aversion au risque des agents n'est pas incluse, soit les marchés de gestion des risques (marchés à terme, marchés des assurances, marchés du capital) sont omises, soit les décisions dynamiques de l'investissement ou du stockage sont ignorées.

Evidemment, les résultats empiriques (sur les dynamiques de marché) et normatifs (sur le bien fondé des politiques publiques) issus de ces modèles doivent être interprétés avec prudence, c'est-à-dire dans le cadre de leurs hypothèses restrictives. La manière dont ces hypothèses influencent les résultats est assez délicate à déterminer car les structures des modèles ne sont pas vraiment comparables. Par exemple, si les travaux avec ID3 illustrent l'extrême sensibilité des impacts à l'introduction de l'aversion au risque des acteurs et d'anticipations non parfaites, ce résultat ne peut pas être transposé tel quel à des modèles tel que celui de l'OCDE ou du FAPRI. En effet les structures de marché, les simulations conduites ou encore le choix des paramètres de comportement sont très différents (ainsi les élasticités prix de l'offre agricole sont « fortes » dans les travaux de ID3 et « faibles » dans ces derniers). Seuls les travaux visant à tester la robustesse d'un modèle peuvent éclairer de l'impact de tel ou tel choix méthodologique sur les résultats de ce modèle. Ainsi, si les travaux utilisant ID3 montre bien l'importance cruciale des schémas d'anticipation des producteurs agricoles sur le prix de la récolte future, les travaux conduit par Féménia montrent quant à eux que d'autres schémas d'anticipation (qui déterminent l'investissement notamment) peuvent également fortement influencer, et dans un autre sens, les résultats. L'on peut tout de même souligner qu'il ressort de toutes ces modélisations dynamiques l'importance de la spécification des schémas d'anticipations et des élasticités prix de l'offre et des différentes composantes de la demande des produits agricoles.

Tableau 2.2. Prise en compte du risque dans les principaux modèles de simulation des marchés agricoles

Modèles	Sources de risque	Comportements	Instruments privés et publics de gestion des risques
Aglink-Cosimo (OCDE-FAO)	Rendements agricoles Prix des inputs (pétrole, engrais) Variables macroéconomiques	Pas d'aversion au risque Anticipation adaptative des producteurs et des stockeurs	Instruments traditionnels des politiques agricoles seulement
FAPRI (Universités américaines)	Rendements agricoles Coûts variables de production Surfaces récoltées Demandes finales, export et stocks	Pas d'aversion au risque Anticipation à rationalité limitée de la part des producteurs et stockeurs	Instruments traditionnels des politiques agricoles seulement. L'assurance agricole n'influe pas les décisions de production
ID3 (J.M. Boussard et ses collaborateurs)	Rendements agricoles essentiellement	Aversion au risque Anticipation adaptative de l'espérance et de la variance Pas de stockage	Instruments traditionnels des politiques agricoles
« Momagri » (B. Munier et ses collaborateurs)	Rendements agricoles essentiellement	Aversion au risque Anticipation adaptatives des producteurs et spéculateurs Pas de stockage	Modélisation des marchés financiers Instruments traditionnels des politiques agricoles
Féménia	Rendements agricoles essentiellement	Pas d'aversion au risque Différents schémas d'anticipations des producteurs, consommateurs et stockeurs	Stratégie d'épargne/investissement pour lisser les fluctuations de revenu Instruments traditionnels des politiques agricoles

3. Étude de cas

Les deux premières parties mettent en évidence le fossé important entre les modèles économiques appliqués sur les marchés agricoles actuellement opérationnels et les travaux théoriques sur les risques en agriculture. Les travaux théoriques mettent l'accent sur l'incomplétude des marchés de gestion des risques alors que les modèles généralement considèrent une structure très incomplète et rigide des marchés tant physiques que financiers. Nous pouvons toutefois mettre en avant les tentatives récentes, seulement françaises à notre connaissance, pour combler cet écart. Évidemment nous sommes encore loin du compte. Dans la thèse de F. Féménia, il est par exemple surtout illustré les impacts complexes de la dynamique et des anticipations, y compris par les canaux de l'investissement et du stockage. Les travaux sous l'impulsion de J.M. Boussard d'un côté, de « Momagri » de l'autre mettent surtout l'accent sur les comportements vis-à-vis du risque mais en considérant un cadre finalement assez statique. Enfin la modélisation des instruments de gestion des risques dans les modèles économiques simulant les marchés agricoles, que ce soient les marchés financiers, les assurances et les marchés des capitaux, n'en est qu'à l'étape initiale, même dans les modèles d'équilibre général calculable censés représenter les économies dans leur globalité.

Dès lors la tentation peut être grande de proposer la construction d'un nouveau modèle. Nous ne pouvons naturellement pas être opposés à cet objectif final mais notre expérience en matière de modélisation invite à la grande prudence, nous préférons procéder par étapes en ayant en tête cet objectif final. Des questions non anticipées apparaissent toujours dans les phases de construction de tels modèles. A titre d'exemple, l'on peut suspecter que la volonté de modélisation des marchés financiers se heurtera à la difficulté actuelle d'obtenir des informations sur les comportements des différents agents économiques y participant. Par ailleurs, les décisions sont journalières ou à la seconde alors que les décisions de production reflétées dans les modèles par exemple sont annuelles. Clairement, cela n'interdit pas de faire de la simulation illustrative, mais de plus amples informations sur ces marchés permettront de réduire le nombre d'hypothèses et ainsi accroître la robustesse des analyses.

L'objectif de cette troisième partie est nettement plus modeste. Nous cherchons à tester la robustesse des modèles actuellement disponibles. La littérature théorique résumée dans notre première partie montre l'effet majeur des anticipations. S'il est désormais courant dans cette littérature d'adopter des anticipations dites rationnelles, c'est essentiellement pour des raisons de cohérence micro-économique mais le problème de formation de ces anticipations selon le

coût de l'information est tout simplement ignoré. Nous avons déjà souligné des travaux théoriques pouvant justifier différents schémas d'anticipation selon ces coûts, c'est-à-dire que la forme des anticipations se doit théoriquement d'être endogène aux informations potentiellement disponibles. Cette littérature théorique montre également que les gains économiques à la complétude des marchés de gestion des risques dépendent d'abord de la nature des anticipations. Aussi nous allons tester la robustesse des résultats des modèles à la modélisation de ces anticipations. Cette analyse ayant été en grande partie réalisée par F. Féménia sur les modèles d'équilibre général calculable, nous proposons ici de la mener sur les modèles d'équilibre partiel.

La littérature théorique de la première partie montre par ailleurs l'importance de l'activité de stockage compétitif dans l'atténuation de la volatilité des prix. Selon les estimations actuellement disponibles, les effets du stockage sur la volatilité des marchés et les gains économiques sont largement supérieurs aux gains potentiels d'une complétude des marchés par l'introduction des marchés à terme. Cela demande évidemment à être plus amplement vérifié car le nombre d'études théoriques reste assez limité. Toutefois, il nous paraît logique de **tester la robustesse des résultats à la modélisation de l'activité de stockage compétitif**, d'autant plus que les stocks sont généralement présents dans les modèles d'équilibre partiel dynamiques.

En d'autres termes, l'analyse de robustesse de modélisation que nous proposons porte sur les stocks et les anticipations de la part des organismes stockeurs dans les modèles d'équilibre partiel. Un récent article de Mitra et Boussard (2011) traite théoriquement ce problème dans un modèle d'équilibre partiel illustratif. Ces auteurs, même en y introduisant de l'aversion au risque, trouvent que l'activité de stockage peut finalement être déstabilisatrice. A l'inverse, Féménia (2010) dans son approche en équilibre général, trouve plutôt un effet stabilisant et ce malgré des anticipations adaptatives. Dans cette partie, nous explorons cet enjeu de la nature des anticipations des organismes stockeurs en développant un modèle simple d'équilibre partiel qui s'inspire du modèle Aglink-Cosimo de l'OCDE et de la FAO. Plus exactement, nous développons un modèle du marché du blé en Europe qui reproduit les comportements spécifiés dans ce modèle Aglink-Cosimo. Nos paramètres sont calibrés de sorte à reproduire les dernières projections établies par l'OCDE et la FAO. Précisons tout de suite que les simulations reportées ci-dessous ne sont pas des résultats Aglink-Cosimo. Nous avons énormément simplifié l'analyse en se centrant sur un seul bien, le blé, et une seule région, l'Union européenne à 27. Nous ignorons tous les autres produits et régions. Corrélativement,

nos équations comportementales reposent sur des hypothèses fortes selon lesquelles les prix des autres produits ou dans les autres régions ne changent pas. C'est évidemment extrême mais l'objectif est surtout d'examiner le comportement des résultats de simulation à une modification des équations de stocks dans ce genre de modèle. Nos équations, plus généralement le programme informatique tout entier, sont fournies dans l'annexe 1.

Pour rappel, le modèle Aglink-Cosimo inclut, même si le terme n'est pas employé, des risques exogènes et des risques endogènes liés aux erreurs d'anticipations. Nous testons donc la robustesse des simulations aux hypothèses sur les anticipations des stockeurs et donc l'ampleur des risques endogènes par rapport aux risques exogènes dans ce genre de modèle. Nous allons considérer plusieurs schémas d'anticipations sans tester celui extrême de la rationalité pour une raison essentielle. Il s'avère en effet que les modèles avec anticipations rationnelles sont nettement plus difficiles à résoudre numériquement que les modèles à anticipations adaptatives. Dans les premiers, il faut résoudre le modèle pour l'ensemble des périodes simultanément car les comportements présents prennent en compte les réactions futures des agents, ces réactions étant supposées connues. La seule incertitude porte sur l'occurrence de l'événement exogène (souvent les rendements à l'offre). Par exemple la décision de stockage doit prendre en compte que plus les quantités de stocks disponibles en fin de période sont importantes, plus le prix futur sera faible toutes choses égales par ailleurs. Cette relation est connue car les agents connaissent tous les comportements futurs. A l'inverse, les modèles où les anticipations sont adaptatives sont plus faciles à résoudre car le raisonnement est effectuée année par année. Au-delà d'être moins intensif en capacité de calcul, l'intuition est que les agents ne connaissent pas parfaitement les comportements de tous les agents économiques, ce qui est plus vraisemblable dans des phases transitoires. A notre connaissance, les modèles stochastiques avec anticipations rationnelles n'ont été appliqués qu'à un nombre réduit de produits et de régions, nombre bien en deçà de la dimension du modèle Aglink-Cosimo.

Nous décrivons tout d'abord la spécification des stocks compétitifs utilisée dans le modèle Aglink-Cosimo puis proposons différentes spécifications alternatives qui vont reposer sur des schémas d'anticipation différents de la part des organismes stockeurs ou des niveaux de réaction différents. Puis nous simulons des chocs de rendements, d'abord un choc sur une seule année afin d'identifier les effets dynamiques. Ensuite nous procédons à une vraie analyse stochastique en autorisant des chocs sur plusieurs années et plusieurs occurrences des chocs exogènes et terminons par une analyse de sensibilité.

3.a. Hypothèses de modélisation

i. Spécifications initiales

Dans notre modèle mono-produit, mono région (la distinction est faite entre les 15 anciens États membres de l'Union européenne et les 12 nouveaux, mais cela ne change pas la donne), quatre grands types de comportement sont représentés : la production par les agriculteurs, la demande par différents agents domestiques, les échanges avec les agents non domestiques et le stockage par les organismes stockeurs. Suivant les spécifications Aglink-Cosimo, la production est déterminée sur la base d'anticipations de revenus à l'hectare pour la prochaine campagne, ces anticipations dépendant principalement du prix passé. L'on peut donc dire que les anticipations des producteurs sont naïves. La demande domestique est composée de la demande pour l'alimentation animale, la demande humaine, la demande pour la fabrication de biocarburants et enfin les autres usages domestiques. Ces différentes demandes dépendent du prix courant du blé. Les échanges de blé entre l'UE et les autres régions sont naturellement capturés par une forme réduite dans notre modèle car les comportements dans ces autres régions ne sont pas explicites. Nous avons adopté une fonction de demande d'exportation à élasticité constante avec une élasticité prix de -0,5. Ces spécifications de la production, des demandes domestiques et des échanges sont inchangées dans les simulations reportées ci après.

En revanche, nous considérons plusieurs variantes sur l'équation de demande de stocks de fin de campagne. L'équation qui détermine le stock européen de blé à la fin de campagne dans le modèle Aglink-Cosimo est donnée par :

$$\log(S_t) = 0.3 \log(Y_t + S_{t-1}) - 0.3 \log \left(\frac{P_t}{\frac{1}{3}(P_{t-1} + P_{t-2} + P_{t-3})} \right)$$

Où S désigne le stock de fin de période, Y la production de la période et P le prix de la période.

Selon cette spécification, les stocks à l'issue d'une campagne sont d'autant plus importants que la disponibilité courante est forte (premier terme du membre de droite). La disponibilité correspond à la production domestique et les stocks de report. Cette première composante de la demande de stocks, que l'on retrouve dans les modèles économiques du département

américain à l'agriculture ou du FAPRI, veut traduire l'idée de stocks opérationnels nécessaires au fonctionnement continu des entreprises d'aval, stocks qui doivent être d'autant plus grand que la production est grande. Mais il s'agit d'une interprétation et non, à notre connaissance, le résultat d'un comportement microéconomique fondé.

Les stocks à l'issue de la campagne diminuent lorsque le prix courant augmente par rapport à une moyenne simple des prix des trois dernières campagnes (second terme du membre de droite). Même si cela n'a jamais à notre connaissance été décrit de la sorte, l'on peut interpréter ce second terme de la façon suivante : les organismes stockeurs anticipent que le prix pour la prochaine campagne est une moyenne pondérée des prix passés, ce qui traduit des anticipations adaptatives. En fait, même si l'on néglige le premier terme du membre de droite (les stocks opérationnels), cette équation de demande de stocks est une forme réduite car les coûts de stockage ne sont pas explicites. L'élasticité (0,3) de la demande de stocks aux prix relatifs est vraisemblablement une manière implicite de vouloir prendre en compte les limites sur les capacités de stockage et les coûts de stockage. Pour comprendre nos interprétations, retournons aux équations de stocks traditionnellement spécifiées dans la littérature théorique (voir Wright et Williams (1991) par exemple). En négligeant le problème de stocks nuls pour simplifier la présentation, ces stocks de fin de campagne sont expliqués par :

$$E_t P_{t+1} = (1+r)(C(S_t) + P_t)$$

Où le membre de gauche est l'anticipation à la présente campagne du prix du bien qui se formera lors de la prochaine campagne. Les organismes stockeurs gardent des quantités tant qu'ils anticipent que le prix futur actualisé est au moins égal au prix actuel augmenté des coûts de stockage. Ces coûts de stockage sont généralement fonction croissante (ou constante) des quantités de stockage. Par conséquent, nous obtenons bien une demande de stock qui est une fonction croissante du prix anticipé pour le bien lors de la prochaine campagne et une fonction décroissante du prix courant. Le second terme du membre de droite de l'équation de stock dans le modèle Aglink-Cosimo est donc théoriquement fondé sous l'hypothèse que les anticipations de prix sont données par les prix passés.

Avant de proposer des modélisations alternatives des stocks, soulignons que les décisions de stockage sont réalisées une fois la production de l'année courante réalisée. En d'autres termes, **l'occurrence du choc exogène sur les rendements est connue par les stockeurs, ce qui n'est évidemment pas le cas pour les producteurs lorsqu'ils décident de leurs surfaces.**

ii. Spécifications alternatives

Nous testons quatre modélisations alternatives de la demande de stocks. La première très simple consiste à supposer que les stocks sont exogènes et donnés par les dernières projections OCDE-FAO. C'est évidemment extrême. De la sorte, nous cherchons quelque part à borner les variations maximales des prix car nous enlevons un élément de flexibilité dans le marché. Dans les tableaux et graphiques reportés ci-dessous, cette spécification est notée « stock fixe ». L'équation de stock est alors :

$$\log(S_t) = \log(\bar{S}_t)$$

La deuxième spécification porte sur la nature des anticipations. Au lieu de supposer des anticipations adaptatives, nous imposons des anticipations naïves. Le prix anticipé par les organismes stockeurs pour la prochaine campagne est égal au prix de l'année passée. Mitra et Boussard (2011) adoptent cette hypothèse tout en ajoutant de l'aversion au risque des agents économiques. Cette aversion au risque joue comme une force de rappel atténuant la divergence du système dynamique, c'est-à-dire que les prix oscillent de plus en plus avec le temps et deviennent éventuellement nuls ou infinis. Nous examinons si notre système dynamique reste convergent à cette hypothèse. Cette spécification est notée « Stock naïf ». L'équation de stocks est dans ce cas donnée par :

$$\log(S_t) = 0.3 \log(Y_t + S_{t-1}) - 0.3 \log\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

Dans la troisième spécification, nous retournons à des anticipations adaptatives mais augmentons la sensibilité de la demande de stocks aux variations de prix. Force est de reconnaître qu'il n'y a pas à notre connaissance d'estimations économétriques sur l'élasticité prix de l'offre de stockage qui permettent de discuter la valeur 0,3 utilisée dans Aglink-Cosimo. Dans cette troisième variante, nous supposons une nettement plus grande réaction aux prix avec une élasticité de 3. Cette spécification est notée « stock sensible » pour signifier une forte réaction aux mouvements de prix. Pour être clair, l'équation de stock est donnée par :

$$\log(S_t) = 0.3 \log(Y_t + S_{t-1}) - 3 \log\left(\frac{P_t}{\frac{1}{3}(P_{t-1} + P_{t-2} + P_{t-3})}\right)$$

Enfin, la quatrième spécification supprime la demande de stocks opérationnels qui n'est pas, selon notre connaissance de la littérature sur le stockage compétitif, théoriquement fondée. Il n'y a donc que des effets prix dans cette quatrième spécification. C'est pourquoi elle est notée « stock prix ». Nous avons gardé dans cette quatrième spécification une forte sensibilité de la demande de stocks aux variations de prix (élasticité de 3), soit l'équation :

$$\log(S_t) = -3 \log \left(\frac{P_t}{\frac{1}{3}(P_{t-1} + P_{t-2} + P_{t-3})} \right)$$

Nous avons donc au total cinq versions de notre modèle qui sont toutes calibrées de telle sorte à reproduire exactement les dernières projections établies par l'OCDE-FAO pour la période 2011-2019. C'est-à-dire que nous ajoutons des termes d'ajustement à toutes ces équations pour leur calibrage. Dans la phase de simulation, ces termes d'ajustement sont évidemment exogènes. Nous pourrions donc comparer les effets propres des spécifications sur le stockage compétitif.

3.b. Simulations illustratives

Le modèle développé est dynamique et à tout choc, anticipé ou non anticipé, va s'opérer un ajustement progressif des marchés. Pour bien comprendre l'effet des différentes spécifications sur le stockage, nous simulons tout d'abord les différentes versions en supposant un choc unique de production pour une seule année. Nous supposons pour illustrer une augmentation des rendements du blé de 10% par rapport à la valeur projetée par l'OCDE-FAO en 2014. C'est l'objet des résultats reportés dans la première sous section.

Puis nous conduisons des simulations stochastiques où les rendements du blé peuvent varier tous les ans de manière exogène. Pour calibrer ces chocs, nous utilisons les récentes analyses de l'OCDE et supposons une loi normale du rendement de blé avec un coefficient de variation de 3%. Les résultats de ces simulations stochastiques sont reportés dans la deuxième sous section. Enfin la dernière sous section offre une analyse de sensibilité.

i. Résultats d'un choc temporaire

Dans notre modèle, la variable prix est évidemment déterminante et les résultats peuvent s'analyser uniquement par l'intermédiaire de cette variable. Nous reportons tout de même

également les résultats sur les productions, les demandes, les stocks et les échanges dans les différents tableaux et graphiques ci-dessous. Nous incluons également la valeur projetée de ces différentes variables par l'OCDE-FAO en l'absence de chocs. Cela nous permet de voir si le système se stabilise au bout de 6 ans autour de la valeur projetée hors choc. Les effets sont par définition nuls avant 2014.

Impacts en 2014

Sans surprise, une augmentation non anticipée des rendements du blé en Europe de 10% en 2014 a pour effet de diminuer le prix d'équilibre du blé en 2014, quelle que soit la spécification des stocks. Cette baisse varie entre 14,4% et 37,3% du prix initial projeté. Celui-ci s'établit à 138€/tonne (colonne spécification certaine) et varie entre 87 et 118€/tonne après le choc selon la spécification.

La plus forte baisse est logiquement obtenue lorsque les stocks sont supposés fixes. Dans ce cas, seules les demandes domestiques et étrangères servent à absorber le choc de production qui représente 14 millions de tonnes supplémentaires. Ce supplément se répartit entre 10,5 millions de tonnes pour la demande domestique (soit une augmentation de 8%) et 3,5 à l'exportation (soit une augmentation de 53%). La demande domestique est peu sensible au prix et les échanges nettement plus.

La baisse du prix est la plus faible lorsque les stocks augmentent le plus, i.e. lorsque la demande de stocks est très sensible aux prix (les deux alternatives nommées stock prix et stock sensible). Ces stocks atteignent plus de 25 millions de tonnes contre 15 millions de tonnes dans la projection initiale, soit une augmentation de 10 millions de tonnes. Cela représente encore plus des deux tiers de la hausse non anticipée de la production (14 millions de tonnes). Les 4 millions de tonnes restantes se répartissent entre 1 million de tonnes supplémentaires échangées et 3 millions de tonnes supplémentaires consommées sur le marché européen. Cela représente une augmentation de la demande intérieure de 2,5%.

Enfin, la baisse de prix est identique pour la spécification initiale et celle nommée stock naïf car les prix avant 2014 sont évidemment inchangés. La baisse de prix atteint 32,6%, les stocks augmentent d'un peu plus de 2 millions de tonnes, la demande domestique de 9 millions de tonne et enfin les échanges de près de 3 millions de tonnes.

Impacts dynamiques

Même si le choc de rendement ne se réalise qu'une seule année, les effets se propagent sur plusieurs années. Ainsi, les baisses de prix observées la première année influencent la

production de l'année suivante car les producteurs ont des anticipations naïves. Logiquement, la baisse de la production l'année suivante est d'autant plus forte que la baisse du prix en 2014 est forte. Cette baisse de production atteint les 10 millions de tonne avec la spécification initiale, seulement 4 millions de tonne avec la spécification stock prix. Les effets dynamiques transitent également par la demande de stocks en 2015. Si les stocks à l'issue de 2015 sont tous inférieurs aux stocks à l'issue de la campagne de 2014, ils peuvent être inférieurs ou supérieurs aux stocks initialement projetés par l'OCDE et la FAO. De la même manière, les prix d'équilibre en 2015 sont tous supérieurs à ceux obtenus pour 2014 mais ces prix peuvent être supérieurs ou inférieurs à ceux projetés par l'OCDE et la FAO.

La figure retraçant l'évolution des prix nous permet en fait de distinguer trois dynamiques différentes. Les évolutions de prix, de production et de demande sont massives lorsque les stocks sont supposés fixes. Ainsi le prix d'équilibre s'écarte de plus de 50% du prix initialement projeté par l'OCDE et la FAO, même en 2017, soit trois ans après le choc temporaire. Au bout des 6 ans de simulations, le prix d'équilibre est encore très différent du prix sans choc (supérieur de 49%). A l'inverse, lorsque les stocks sont supposées très sensibles aux évolutions de prix relatifs, alors les prix convergent rapidement vers les prix projetés hors choc. En 2019, les écarts de prix sont de l'ordre de 3%. Par contre, les stocks restent encore sensiblement différents avec des écarts de plus de 2 millions de tonnes (soit 12,5%).

Il s'avère en fait que ce sont avec la spécification initiale et l'alternative avec des stocks naïfs que le système dynamique converge au bout de six ans aux valeurs projetées sans choc. En 2019, les prix diffèrent de la valeur projetée de moins de 1%. Plus généralement, toutes les variables simulées en 2019 diffèrent de moins de 1% par rapport aux valeurs projetées hors choc. Par contre, le système converge assez « lentement ». Au bout de 3 ans (2016), les prix s'écartent encore de plus de 10 % par exemple. Par ailleurs, ces deux spécifications diffèrent uniquement dans la pondération des prix passés pour les anticipations de prix pour les organismes stockeurs. Dans la spécification initiale, c'est une moyenne simple du prix des trois dernières années et dans la spécification alternative dite naïve, c'est seulement le prix de l'année passée. Il y a donc relativement peu de différences entre ces deux approches, notamment parce que la sensibilité aux prix des stocks est limitée.

Sur la base de cette première simulation illustrative, l'on peut donc dire que **la spécification des stocks compétitifs dans le modèle Aglink-Cosimo attribue à ces stocks un rôle stabilisant malgré des anticipations non rationnelles**. Sans ces stocks, le système

dynamique apparaît très proche de l'oscillation périodique qui résulte en fait de l'hypothèse d'anticipations naïves des producteurs. Toute modification des élasticités d'offre (par augmentation) ou de la demande domestique ou étrangère (par diminution en valeur absolue des élasticités prix) est susceptible de produire une dynamique divergente. Le rôle stabilisateur des stocks compétitifs dans Aglink-Cosimo est toutefois très progressif et ne s'observe qu'au bout de plusieurs années. Cette conclusion est assez robuste aux poids des prix passés supposés dans les schémas d'anticipation adaptatifs.

Tableau 3.1. Évolution du prix européen du blé consécutive à un choc de rendement selon la modélisation des stocks (euros/tonne)

année	Spécification					
	Certain (sans choc)	initial	stockfixe	stocknaif	stockprix	stocksensible
2010	141	141	141	141	141	141
2011	127	127	127	127	127	127
2012	132	132	132	132	132	132
2013	135	135	135	135	135	135
2014	138	93	87	93	117	118
2015	148	183	229	177	124	133
2016	149	129	96	140	143	141
2017	147	159	226	146	157	143
2018	148	144	98	150	159	151
2019	146	147	218	145	150	151

Evolution du prix

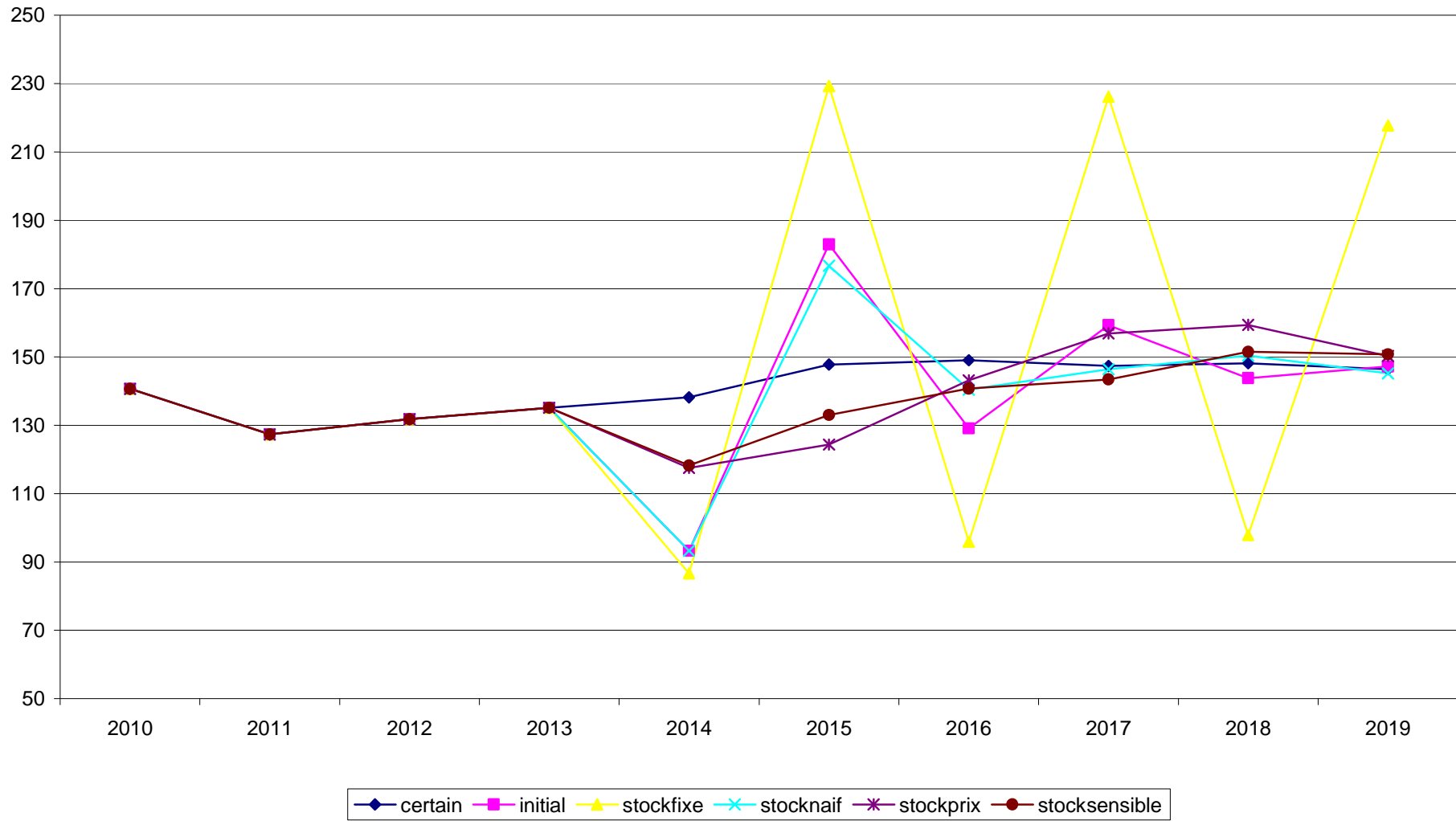


Tableau 3.2. Évolution de la production européenne de blé consécutive à un choc de rendement selon la modélisation des stocks (milliers tonnes)

		Spécification					
année		Certain (sans choc)	initial	stockfixe	stocknaif	stockprix	stocksensible
	2010	139965	139965	139965	139965	139965	139965
	2011	141044	141044	141044	141044	141044	141044
	2012	138899	138899	138899	138899	138899	138899
	2013	139926	139926	139926	139926	139926	139926
	2014	141767	155943	155943	155943	155943	155943
	2015	143182	133347	131528	133347	139293	139459
	2016	145833	152303	159111	151284	141461	143315
	2017	147336	143753	135985	146062	146522	146096
	2018	148660	150695	160963	148373	150241	147769
	2019	150095	149334	139404	150565	152060	150616

Evolution de la production

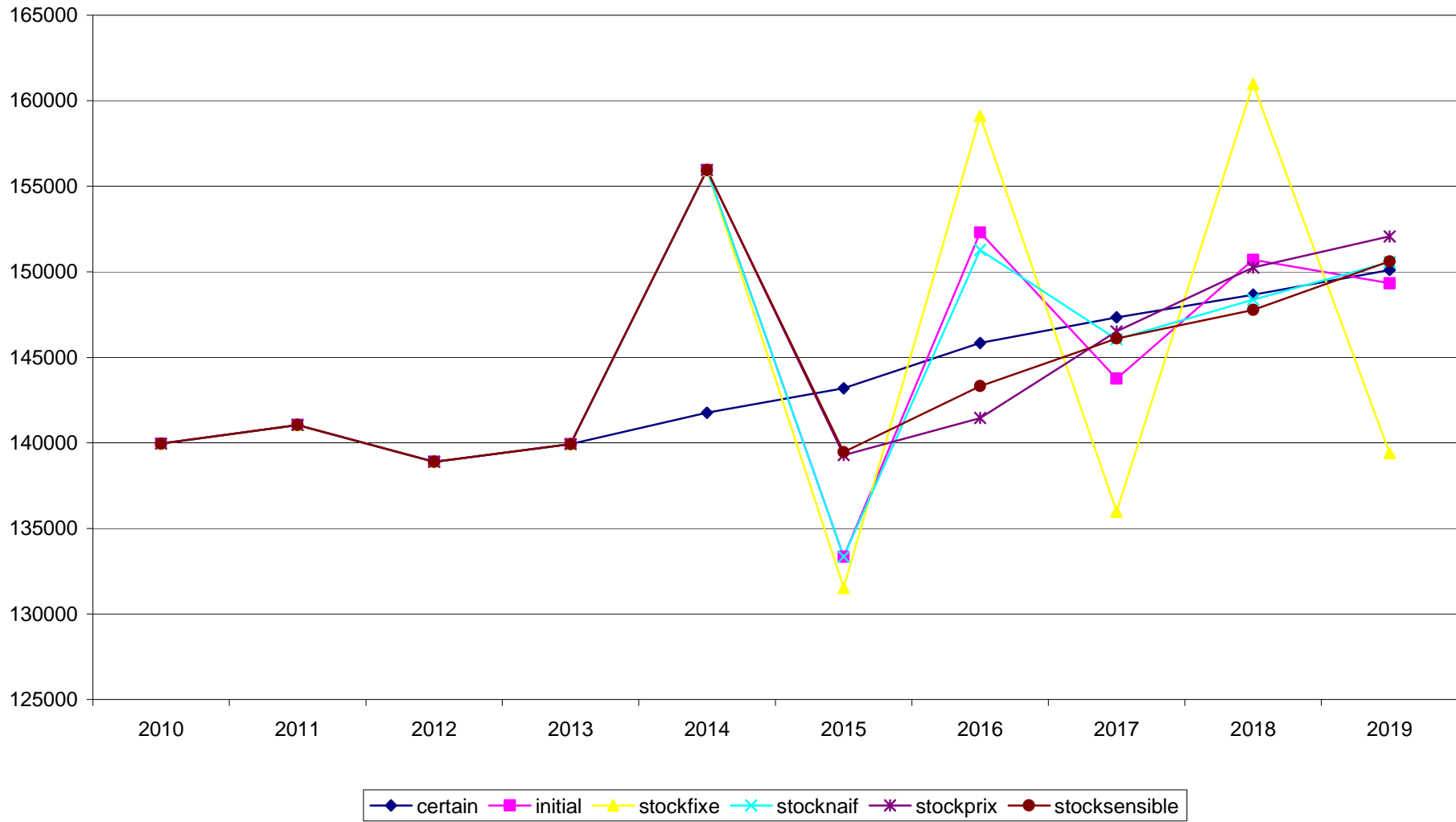


Tableau 3.3. Évolution des stocks européens de blé consécutive à un choc de rendement selon la modélisation des stocks (milliers tonnes)

année	Spécification					
	Certain (sans choc)	initial	stockfixe	stocknaif	stockprix	stocksensible
2010	20846	20846	20846	20846	20846	20846
2011	18210	18210	18210	18210	18210	18210
2012	17307	17307	17307	17307	17307	17307
2013	16499	16499	16499	16499	16499	16499
2014	15778	18132	15778	18132	25242	25429
2015	15472	13839	15472	12916	16047	18390
2016	15408	16096	15408	16609	10453	14179
2017	15614	14880	15614	15373	11595	12390
2018	15778	16226	15778	15670	15371	12280
2019	15925	15765	15925	16041	18210	13776

Evolution des stocks

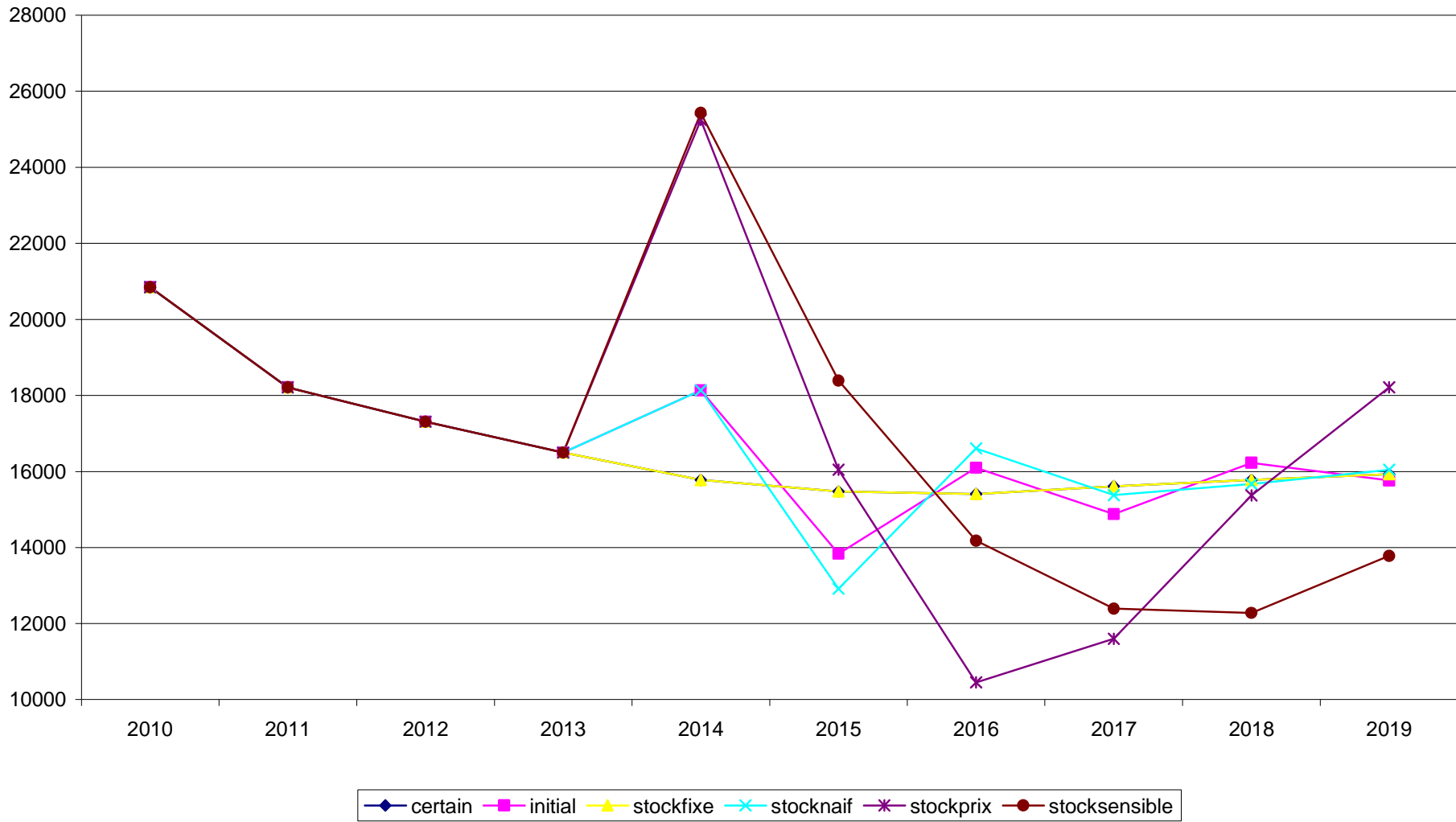


Tableau 3.4. Évolution des échanges nets européens de blé consécutive à un choc de rendement selon la modélisation des stocks (milliers tonnes)

année	Spécification					
	Certain (sans choc)	initial	stockfixe	stocknaif	stockprix	stocksensible
2010	10062	10062	10062	10062	10062	10062
2011	11540	11540	11540	11540	11540	11540
2012	7289	7289	7289	7289	7289	7289
2013	6851	6851	6851	6851	6851	6851
2014	6423	9258	9847	9258	7529	7484
2015	5449	4217	3038	4409	6537	6100
2016	5710	6625	8725	6081	5963	6066
2017	6364	5870	3852	6402	5963	6538
2018	7069	7275	10172	6968	6583	6921
2019	8338	8298	5662	8402	8149	8122

Evolution des échanges

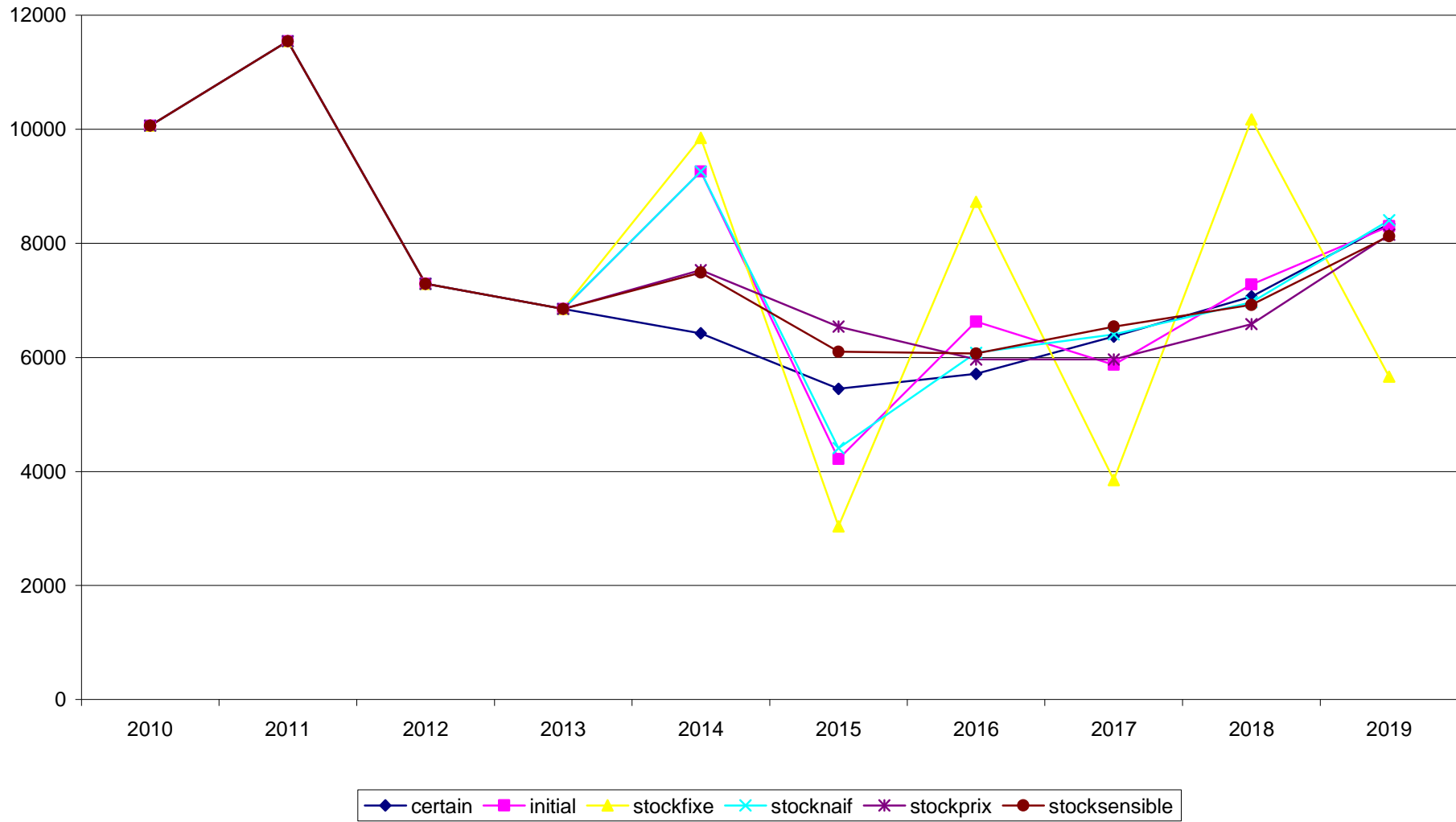
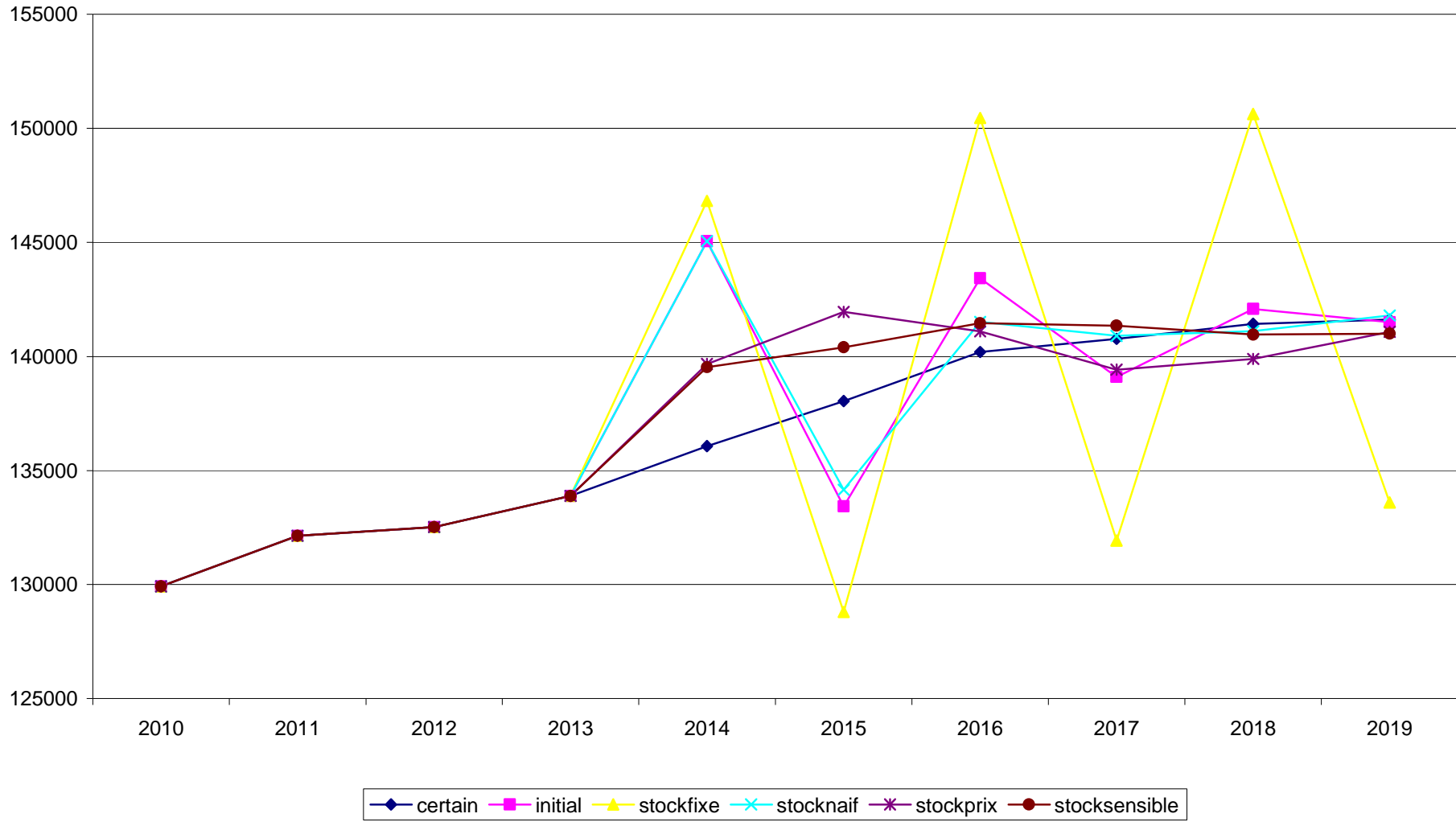


Tableau 3.5. Évolution de la demande domestique de blé consécutive à un choc de rendement selon la modélisation des stocks (milliers tonnes)

		Spécification					
année	Certain (sans choc)	initial	stockfixe	stocknaif	stockprix	stocksensible	
2010	129924	129924	129924	129924	129924	129924	
2011	132139	132139	132139	132139	132139	132139	
2012	132514	132514	132514	132514	132514	132514	
2013	133884	133884	133884	133884	133884	133884	
2014	136065	145052	146817	145052	139671	139529	
2015	138038	133423	128796	134155	141951	140397	
2016	140187	143420	150449	141510	141092	141460	
2017	140766	139099	131927	140895	139417	141347	
2018	141427	142074	150627	141108	139882	140959	
2019	141611	141497	133596	141792	141072	140997	

Evolution de la demande



ii. Résultats d'une analyse stochastique

Pour bien comprendre les impacts de différentes spécifications, nous avons considéré précédemment une simulation simple avec un choc de rendement non anticipé (augmentation de 10% du rendement) une seule année. Dans la réalité, les chocs de rendement peuvent aussi bien être des hausses que des baisses et ces chocs peuvent se réaliser tous les ans. Dans cette sous section, nous simulons les différentes versions de notre modèle en autorisant ces chocs sur plusieurs années. Suivant les analyses stochastiques du FAPRI et de l'OCDE-FAO, nous effectuons 100 tirages qui diffèrent par les chocs de rendements. Nous supposons des coefficients de variation de 3%, soit des rendements majoritairement compris entre plus ou moins 6% autour de leur espérance. Les chocs sont introduits sur les années 2013 à 2019. Dans les tableaux ci-dessous, nous reportons les valeurs d'équilibre, sachant que le système dynamique n'a pas forcément atteint un état stationnaire pour toutes les spécifications alternatives. Nous reportons seulement les effets en termes de prix en analysant l'espérance et l'écart type du prix sur les 100 tirages.

En termes d'espérance du prix du blé européen, il apparaît que les résultats des simulations ne changent pas fortement selon les spécifications (tableau 3.6). Par exemple, pour la dernière année projetée (2019), l'espérance du prix projetée varie de moins de 1% par rapport au prix projeté par l'OCDE et la FAO sans choc, exception faite de la spécification où les stocks sont supposés fixes. Selon cette spécification, l'espérance de prix est supérieure de 4% au prix initialement projeté. Nous pouvons quand même remarquer que l'espérance des prix simulés est systématiquement supérieure aux prix projetés par l'OCDE et la FAO pour les deux premières années (entre 1,4 et 4,2%). Même si les chocs de rendement sont symétriques, les réactions de prix sont un peu plus fortes lorsque les rendements diminuent. Cela vient en partie du fait que toutes les demandes ne réagissent pas au prix (demandes pour la fabrication de biocarburant par exemple), en partie du fait qu'il y a une transmission imparfaite des prix sur les différents marchés européens (entre les anciens et nouveaux États membres).

Examinons à présent les impacts sur la variabilité des prix que nous mesurons à travers l'écart type (tableau 3.7). Sans surprise, cette volatilité est très importante lorsque les stocks sont fixes. L'écart type atteint ici 50,8, soit un coefficient de variation de 33%. Nous constatons même que cette volatilité augmente au cours du temps. A l'inverse, la variabilité des prix est assez stable dans le temps pour toutes les autres spécifications. Selon la spécification initiale retenue dans Aglink-Cosimo, le coefficient de variation du prix du blé européen en 2019 atteint 14,8%, soit un peu moins de la moitié lorsque les stocks sont supposés fixes. **Nous**

retrouvons donc une valeur standard de la littérature sur le stockage compétitif selon laquelle les stocks permettent de réduire de moitié la volatilité des prix (selon des coûts unitaires de stockage « raisonnables », voir Wright et Williams, 1991). De nouveau, les effets en termes d'écart type sont très proches entre les spécifications stock naïf et la spécification initiale.

A l'inverse, plus les stocks sont sensibles aux variations de prix relatifs (prix courant par rapport aux prix anticipés), plus la variabilité des prix est faible : le coefficient de variation du prix tombe en dessous des 10%. L'interprétation est que plus les capacités de stockage sont grandes et faciles à utiliser, plus les stocks peuvent jouer ce rôle de lissage des prix. En 2019, la moyenne des stocks est assez commune aux différentes spécifications et avoisine les 16 MT. Par contre, l'écart type et le coefficient de variation calculés lorsque les stocks sont sensibles aux prix représentent 4 fois ceux calculés avec la spécification initiale des stocks. Vu autrement, les quantités minimales et maximales en stocks sont égales à 7,6 et 27 millions de tonnes lorsque les stocks sont supposés sensibles aux prix. Ces quantités sont respectivement de 13 et 20 millions avec la spécification Aglink-Cosimo des stocks. Ceci est tout à fait logique : la variabilité des rendements doit in fine se retrouver dans une autre variable. C'est surtout dans les stocks lorsque ceux-ci sont supposés réagir fortement aux prix, sinon dans les prix et les demandes domestique et étrangères.

Tableau 3.6. Évolution de l'espérance du prix européen du blé consécutive à des chocs de rendement selon la modélisation des stocks (euros/tonne)

année	Certain (sans choc)	initial	stockfixe	stocknaïf	stockprix	stocksensible
2013	135,1	139,5	140,8	139,5	137,1	137,1
2014	138,1	140,8	141,3	141,0	141,5	140,7
2015	147,8	147,7	151,7	146,9	149,4	148,7
2016	149,0	151,9	156,7	151,5	148,9	149,8
2017	147,3	146,0	150,7	146,4	145,8	146,9
2018	148,2	151,2	159,5	150,3	147,1	147,4
2019	146,4	147,5	152,7	147,9	147,1	146,1

Tableau 3.7. Évolution de l'écart type du prix européen du blé consécutif à des chocs de rendement selon la modélisation des stocks (euros/tonne)

année	Certain (sans choc)	initial	stockfixe	stocknaïf	stockprix	stocksensible
2013	0,0	18,6	22,7	18,6	8,4	8,2
2014	0,0	20,7	29,3	20,1	11,8	9,7
2015	0,0	22,1	38,7	20,3	12,1	9,9
2016	0,0	22,4	45,7	20,0	12,6	9,9
2017	0,0	19,4	45,3	17,3	14,0	10,0
2018	0,0	23,3	55,3	21,9	12,2	9,7
2019	0,0	21,9	50,8	20,2	12,7	9,7

3.c. Analyse de sensibilité

Les papiers théoriques rappelés en première partie soulignent souvent l'importance des élasticités prix des offres et de demandes. Par rapport aux valeurs rencontrées dans cette littérature, les élasticités utilisées dans Aglink-Cosimo sont relativement faibles en valeur absolue. Parce qu'il est difficile de s'accorder sur les élasticités prix à court terme des offres et demandes de produits agricoles, une analyse de sensibilité des résultats précédents à des valeurs alternatives d'élasticité est recommandée. Dans cette sous section, nous avons choisi de tester cette robustesse à une augmentation de l'élasticité des surfaces agricoles aux revenus par hectare. En revanche, nous laissons inchangées les élasticités des demandes. Les augmenter (en valeur absolue) ne ferait que diminuer l'importance du phénomène de volatilité des prix. Dans la version standard, l'élasticité des surfaces agricoles aux revenus par hectare est égale à 0,1. Cette élasticité détermine dans une large mesure l'élasticité prix de l'offre (la différence étant l'élasticité des rendements aux prix). Nous augmentons cette élasticité à 0,3, valeur utilisée par exemple dans le modèle FAPRI pour les nouveaux États membres européens.

Nous conduisons à nouveau plusieurs simulations avec plusieurs tirages avec des chocs annuels de rendements non anticipés, avec un coefficient de variation de 3%. Les résultats en espérance et écart type de prix sont reportés dans les tableaux 3.8 et 3.9.

Le premier point à relever est que le modèle ne tourne pas toujours. Sur les 100 simulations, 97 terminent avec des impossibilités lorsque les stocks sont supposés fixes. Le système dynamique est dans ce cas divergent. Le deuxième résultat marquant est que les espérances de prix peuvent désormais fortement diverger des valeurs projetées hors choc par l'OCDE et la FAO. Ainsi, avec la spécification initiale, l'espérance du prix du blé en 2019 est près du double (268 euros la tonne) de cette valeur initialement projetée. Lorsque les stocks sont fixes, les valeurs ne sont évidemment plus du domaine du possible. En d'autres termes, les résultats stochastiques obtenus avec le modèle Aglink-Cosimo sont très peu robustes à une modification de l'élasticité prix de l'offre à court terme. Il est invraisemblable que les anticipations obéissent toujours aux mêmes règles.

Il apparaît de manière non intuitive a priori que le modèle s'écarte moins des résultats déterministes lorsque les stocks sont spécifiés avec des anticipations naïves. Dans cette version du modèle, les producteurs et les organismes stockeurs forment tous les deux des anticipations naïves mais pas au même moment au sein d'une même campagne: les

producteurs avant l'occurrence du choc exogène sur les rendements, les organismes stockeurs après l'expression de ce choc. Ces deux réactions fortes à la dernière observation de prix tendent donc à se « compenser ». En effet, plus le prix anticipé pour la prochaine campagne est faible, moins les producteurs sont incités à produire. De même, les organismes stockeurs sont moins incités à garder des stocks. Nous avons donc bien à la fois une baisse de l'offre et d'une partie de la demande.

Par contre, les résultats sont robustes à cette élasticité de l'offre lorsque les stocks sont supposés réagir fortement aux variations de prix. Cela vaut autant pour les espérances que les écarts types des prix pour les différentes années.

Tableau 3.8. Évolution de l'espérance du prix européen du blé consécutive à des chocs de rendement selon la modélisation des stocks et une plus grande élasticité des surfaces aux revenus (euros/tonne)

annee	certain	initial	stockfixe	Stocknaif	Stockprix	Stocksensible
2013		135	141	143	141	138
2014		138	139	137	139	141
2015		148	159	202	155	148
2016		149	161	223	157	148
2017		147	185	5475	161	146
2018		148	205	14290	169	149
2019		146	268	134565	174	148

Tableau 3.9. Évolution de l'écart type du prix européen du blé consécutif à des chocs de rendement selon la modélisation des stocks et une plus grande élasticité des surfaces aux revenus(euros/tonne)

annee	initial	stockfixe	Stocknaif	Stockprix	Stocksensible
2013	18	21	18	8	8
2014	28	39	27	10	9
2015	51	134	43	10	8
2016	75	222	57	12	9
2017	125	18409	72	11	8
2018	184	40656	93	11	9
2019	284	200129	106	12	9

Conclusion

Les marchés internationaux des produits agricoles évoluent sous l'influence de multiples facteurs. De nombreuses sources d'instabilité sont à l'origine de la volatilité observée des prix agricoles mondiaux. Des chocs climatiques affectant les niveaux de production, des chocs sanitaires affectant la demande peuvent naturellement expliquer en partie cette volatilité. Mais des erreurs d'anticipation de la part des agents économiques opérant sur les marchés physiques, par exemple sur les niveaux réels des stocks et des récoltes futures ou sur les réactions politiques discrétionnaires, ainsi que des phénomènes spéculatifs sur les marchés financiers peuvent également contribuer à cette volatilité des prix. **Mesurer l'importance relative de ces différentes sources d'instabilité dans les évolutions récentes des marchés agricoles, déterminer leurs contributions potentielles dans les prochaines années, définir les meilleures stratégies individuelles et collectives pour y faire face sont aujourd'hui des questions cruciales tant pour les opérateurs privés que pour les décideurs publics.** La volatilité des prix et marchés agricoles a en effet toujours été une préoccupation majeure des politiques agricoles mises en œuvre de par le monde.

Les modèles économiques de simulation des marchés agricoles et d'évaluation des politiques agricoles sont susceptibles d'apporter des éléments de réponse à ces interrogations majeures. Basés sur des jeux d'hypothèses testées généralement sur les observations passées, ces modèles permettent en principe de mesurer les effets de certains facteurs sur les évolutions de marché et d'apprécier le bien fondé des mesures publiques sur ces marchés. Par le passé, la contribution de ces modèles appliqués aux réflexions sur l'économie agricole au sens large a été importante mais finalement relativement limitée par rapport à aujourd'hui. Les modèles étaient alors déjà moins nombreux et trop grossiers avec une représentation peu détaillée des caractéristiques agricoles. La situation a nettement changé depuis une quinzaine d'années sous l'effet conjugué de plusieurs facteurs (moyens consacrés, progrès informatiques permettant la résolution mathématique de systèmes complexes, plus grande disponibilité de données,...). Les modèles économiques appliqués sur les marchés agricoles se sont multipliés, leur usage dans les débats s'est généralisé.

A priori l'on peut penser que cette multiplication de modèles appliqués, la concurrence entre équipes de modélisation..., font qu'ils sont aujourd'hui plus « performants » et mieux à même de répondre à ces complexes enjeux agricoles. Mais cela peut ne pas être le cas si les nouveaux modèles s'appuient sur les mêmes principes et hypothèses que leurs prédécesseurs et s'ils diffèrent essentiellement sur les échelles d'application (davantage de produits,

secteurs, entités géographiques et d'années couverts). A l'inverse, si les nouveaux modèles sont de plus en plus différents les uns des autres, les conclusions et prescriptions de politiques qui en dérivent peuvent être plus contrastées. Auquel cas la multiplication de ces modèles peut in fine plus compliquer les débats en économie agricole si l'on n'en a pas une bonne compréhension.

Dans ce contexte, l'objectif majeur de cette étude est de faire le bilan des principaux travaux de modélisation appliquée des marchés agricoles, et des initiatives prises pour les améliorer. L'accent est mis sur la représentation des sources d'instabilité des marchés agricoles et des outils de gestion des risques. **Cette étude doit in fine aider les décideurs publics français à comprendre la portée et les limites des résultats issus des actuels outils de modélisation, ainsi qu'à identifier et proposer des améliorations souhaitables de ces outils.**

Pour apprécier leurs pertinences et proposer une hiérarchie des améliorations désirables, nous avons d'abord synthétisé dans une première partie les principaux enseignements des travaux théoriques conduits sur le risque en agriculture. En effet, de nombreuses recherches en sciences économiques sont toujours poursuivies, recherches souvent motivées par la question de l'optimalité de l'intervention publique en présence de risques et d'incertitudes. Puis nous avons décrit dans une deuxième partie les principaux modèles appliqués sur les marchés agricoles. Nous avons distingué les modèles d'équilibre partiel centrés sur les marchés agricoles des modèles d'équilibre général calculables offrant une représentation de l'ensemble des secteurs de l'économie. Après une description générale, nous avons détaillé leurs prises en compte des différentes sources de risques, des comportements des agents vis-à-vis de ces risques et enfin les outils de gestion des risques, avec une distinction des outils privés et des outils publics. La troisième partie illustre la sensibilité d'un de ces modèles à la représentation de ces différents points. L'analyse a plus spécifiquement porté sur les risques endogènes liés aux éventuelles erreurs d'anticipations et sur les décisions de stockage de la part des opérateurs privés.

Les principaux résultats sont les suivants :

Sur la première partie :

- La théorie économique distingue deux principales sources de risque, les risques exogènes et les risques endogènes. Pour les premiers, l'expression et l'occurrence de l'événement aléatoire est indépendante de l'action des agents économiques. Il s'agit typiquement du risque

climatique à l'offre agricole et un risque sanitaire à la demande. Les risques endogènes résultent au contraire du comportement des agents économiques qui peuvent mal anticiper les décisions futures des autres agents économiques suite à un choc exogène ou un changement de régime.

- La théorie économique établit qu'en présence de risque, les marchés ne peuvent aboutir à une situation efficace (optimale au sens de Pareto) que s'ils sont complets, c'est-à-dire qu'il y a autant de marchés que de sources de risques pour les différentes périodes futures (que ces risques soient endogènes ou exogènes). La littérature parle alors de marchés contingents du risque qui prennent concrètement la forme d'assurance récolte contre les risques rendement ou la forme d'options sur les marchés financiers contre les risques prix. Même s'il existe des marchés contingents du risque, cette condition théorique de complétude des marchés est extrêmement forte car elle suppose en particulier que les agents économiques doivent avoir le même ensemble d'informations, sur l'occurrence des chocs exogènes et sur les comportements des différents agents économiques, pour déterminer leurs positions sur ces différents marchés. Elle suppose également qu'il n'y a pas de coût de transaction, d'organisation de ces marchés, ce qui ne peut pas être le cas lorsque l'information est coûteuse. Cette condition théorique se retrouve dans les travaux plus appliqués essentiellement au travers de l'hypothèse d'anticipations rationnelles des agents.

- De nombreux travaux plus empiriques ont cherché à mesurer l'ampleur de l'incomplétude des marchés. D'une manière générale, les résultats issus de ces travaux montrent des effets non négligeables sur les dynamiques de marché et sur le bien être lorsque deux conditions sont simultanément satisfaites : la demande de produits agricoles est très inélastique au prix d'une part, les anticipations ne sont pas rationnelles d'autre part. A l'inverse, les gains sont plus modestes dès lors qu'il existe des marchés financiers efficaces permettant aux acteurs de coordonner les anticipations.

- L'allocation des ressources est meilleure au sens de Pareto lorsque les marchés sont complétés mais les gains obtenus sont inégalement répartis : les consommateurs sont généralement les grands gagnants tandis que les producteurs y perdent généralement. L'intuition est que la complétude des marchés incite généralement les producteurs à produire plus, ce qui tend à diminuer les prix moyens. Cet effet baisse du prix moyen l'emporte sur l'effet baisse de la volatilité des prix au niveau de leur utilité finale.

- Parce que les marchés sont incomplets, une intervention publique peut améliorer l'allocation des ressources. Les instruments traditionnels de politique agricole peuvent

même être efficaces lorsque la structure de marchés est très incomplète. Cependant il ne faut pas nier ici que des débats persistent sur la capacité des puissances publiques à se procurer les informations nécessaires à la définition des politiques optimales. Au-delà des problèmes informationnels et de coût de transaction, de nombreux travaux soulignent en effet que l'incomplétude des marchés peut aussi résulter des politiques publiques.

Sur la deuxième partie :

- De nombreux modèles de simulation des marchés agricoles ont été développés ces dernières années et des améliorations y sont sans cesse apportées, comme l'introduction des secteurs des agro-carburants. Ces modèles sont majoritairement utilisés pour la simulation, quelques uns pour la projection également. Pour autant, force est de constater que plusieurs ne sont pas du tout pertinents pour l'analyse des enjeux économiques liés aux risques agricoles. En effet, ils opèrent essentiellement en statique comparative alors que l'analyse du risque requiert au minimum des comportements dynamiques de la part des agents économiques.

- Tous les modèles qui s'intéressent aux évolutions dynamiques des marchés agricoles considèrent les deux sources de risques, endogènes et exogènes. L'introduction des risques liés aux erreurs potentielles d'anticipations est plus ou moins explicitement justifiée par les difficultés numériques à résoudre les modèles à anticipations rationnelles. Cela traduit en creux l'idée selon laquelle les modèles à anticipations rationnelles reposent sur des hypothèses très fortes sur les capacités des agents à connaître les vraies structures des économies.

- Si l'existence de ces deux sources principales de risques est théoriquement reconnue, le poids accordé aux risques endogènes varie beaucoup selon les calibrages des paramètres des modèles. Ainsi les modèles d'équilibre partiel internationaux (de l'OCDE-FAO d'un côté, du FAPRI de l'autre) minimisent cet effet par le choix de paramètres (élasticités prix) dans les fonctions d'offre ou demande. A l'inverse, certains modèles d'équilibre général développés en France (ID3 sous l'impulsion de J.M. Boussard, « Momagri » sous l'impulsion de B. Munier) accentuent le phénomène des risques endogènes par un choix opposé de ces paramètres.

- Tous les modèles économiques sur les marchés agricoles pouvant étudier les questions de l'instabilité reposent sur des structures de marché très incomplètes et/ou des comportements trop simple : soit l'aversion au risque des agents n'est pas incluse, soit

les marchés de gestion des risques (marchés à terme, marchés des assurances, marchés du capital) sont omises, soit les décisions dynamiques de l'investissement ou du stockage sont ignorées. Par suite, les résultats empiriques (sur les dynamiques de marché) et normatifs (sur le bien fondé des politiques publiques) doivent être interprétés selon leur structure incomplète de marchés.

- Nous pouvons toutefois mettre en évidence une certaine exception française dans la volonté de faire progresser ces modèles dans leurs représentations des instabilités agricoles. Ces travaux plus originaux sont finalement récents (moins de 10 ans). Les travaux conduits par B. Munier sont ambitieux et novateurs mais ne nous semblent pas, à cette heure et selon les maigres informations disponibles, rigoureux. Les travaux conduits par J.M. Boussard reposent sur des schémas d'anticipation très rigides et des comportements finalement assez statiques. Le travail initié par Féménia s'intéresse surtout à la dynamique et aux impacts multiples de différents schémas d'anticipations mais sans que les agents économiques expriment de l'aversion face aux risques.

Sur la troisième partie :

- Plutôt que de proposer d'emblée un nouveau modèle intégrant correctement toutes les dimensions liées aux risques en agriculture, nous avons cherché à tester la robustesse des modèles actuellement disponibles. La littérature théorique souligne le rôle majeur des schémas d'anticipation et des élasticités, et c'est sur ces points que nos efforts ont porté. Féménia traite dans une large mesure de ces aspects dans un cadre d'équilibre général à partir du modèle 'dominant' GTAP. Nous avons alors ici cherché à le tester à partir d'un modèle d'équilibre partiel dont les spécifications sont publiquement disponibles. Plus précisément, nous avons développé un module simple reprenant les spécifications du modèle Aglink – Cosimo de l'OCDE et la FAO pour le blé en Europe uniquement. Les résultats obtenus ne doivent pas être interprétés comme des résultats de ce modèle mais plutôt comme une illustration de la réaction du modèle suite à l'introduction de nouveaux comportements des agents.

- Dans ce modèle avec structure de marchés très incomplète, deux acteurs ont des comportements dynamiques et forment des anticipations : les producteurs d'une part, les organismes stockeurs d'autre part. Notre analyse de robustesse a porté sur les décisions de stockage qui jouent un rôle important selon la littérature théorique. Dans la version standard

du modèle Aglink, la demande de stock dépend négativement du prix courant et positivement du prix anticipé pour la prochaine campagne. Ce prix anticipé est une moyenne non pondérée des trois dernières campagnes, ce qui traduit des anticipations adaptives. Nous avons testé des spécifications alternatives reposant soit sur des anticipations naïves, soit sur des anticipations myopes (stocks fixes), soit des réactions (élasticités) plus fortes des organismes stockeurs aux variations de prix relatifs. En plus de ces risques endogènes liés aux erreurs d'anticipations, nous avons introduit des risques exogènes sur les rendements.

- Nos résultats de simulation montrent que l'espérance de prix simulée par notre module est robuste à nos hypothèses sur le stockage. Par contre, la volatilité mesurée par les écarts types du prix dépend fortement de ces hypothèses. La spécification des stocks dans Aglink-Cosimo a un effet stabilisateur alors même que les anticipations de ces organismes stockeurs ne sont pas rationnelles. Cela vient du fait que les erreurs d'anticipation de la part des organismes stockeurs compensent les précédentes erreurs d'anticipation des producteurs agricoles.

- En revanche, le module n'est pas du tout robuste à une modification de l'élasticité prix de l'offre de blé. Le système dynamique devient vite divergent, aboutissant à des impossibilités de résolution. Il ne redevient convergent que lorsque nous augmentons l'élasticité de la demande de stocks aux prix relatifs. Ces élasticités sont malheureusement mal connues.

Ces différents résultats nous conduisent à formuler des recommandations de recherche. La littérature sur le risque est finalement assez récente et n'a que très peu été introduite dans les modèles économiques simulant les marchés agricoles. Le chantier est donc énorme et partant de l'idée qu'il faut bâtir sur l'existant pour être plus crédible à court/moyen terme, les travaux qu'il convient de mener nous semblent triples :

- il convient de mieux connaître les schémas d'anticipation des agents économiques, tout spécialement des producteurs agricoles et des organismes stockeurs. Les travaux sont majoritairement conduits sous l'hypothèse d'un schéma rigide d'anticipations alors que ces anticipations sont théoriquement endogènes aux marchés. Par suite, les modèles devraient être utilisés en permettant des changements de formation d'anticipations selon les évolutions récentes. Par exemple, des anticipations naïves sont certainement plus plausibles lorsque les prix ont peu varié les années précédentes et inversement des anticipations se basant sur plus d'informations sont plus plausibles lorsqu'ils ont fortement varié.

- Les dynamiques de marchés et les effets sur les surplus de bien être des agents économiques dépendent fortement de leurs réactions aux variations de prix (les élasticités). S'il n'apparaît pas très novateur de dire qu'il convient de mieux connaître ces réactions, les résultats de simulation que nous avons obtenus montrent toutefois qu'il ne s'agit pas seulement des élasticités à l'offre agricole et la demande finale. Il convient également de mieux connaître les comportements des organismes stockeurs sur lesquels nous ne savons que peu de choses.

- **Évidemment, il convient d'enrichir également les structures de marché dans les modèles économiques. Comme indiqué précédemment, les marchés de gestion des risques ne sont pas réellement représentés aujourd'hui alors qu'ils existent naturellement.** Les débats agricoles portent même sur les effets de ces marchés, tout particulièrement les marchés de produits dérivés. Cela suppose au préalable de construire de vrais modèles dynamiques et stochastiques, de comprendre les comportements des agents économiques y opérant. Cela invite notamment à une analyse du comportement des agents dits non commerciaux ou non agricoles.

Références

Boussard J.M. (1996). When risk generates chaos. *Journal of Economic Behavior and Organisation*, 29, 433-446.

Boussard J.M., F. Gerard, M.G. Piketty, M. Ayouz, T. Voituriez (2006). Endogenous risk and long run effects of liberalization in a global analysis framework, *Economic Modelling*. 23, 457-475.

Boussard J.M., F. Gerard, M.G. Piketty, A.K. Christensen, T. Voituriez (2004). May the pro-poor impacts of trade liberalisation vanish because of imperfect information? *Agricultural Economics*. 31, 297-305.

Britz W., Witzke P. (2008). CAPRI model documentation 2008: Version 2. Available at www.capri-model.org, 181 p.

Calvo-Pardo H. (2009). Are the antiglobalists right ? Gains from trade without a Walrasian auctioneer. *Economic Theory*, 38, 561-592.

Chavas J.P. (1999). On the Economic Rationality of Market Participants: The Case of Expectations in the U.S. Pork Market. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 24(1), 19-37

Cole S., Kirwan B. (2009). Between the Corporation and the Household: Commodity Prices, Risk management, and agricultural production in the United States. *American Journal of Agricultural Economics*, 91(5), 1243-1249.

Cordier J. (2008). Etudes des risques de marchés agricoles en France : cadre d'analyse, modélisation et organisation des instruments de gestion, Rapport pour le ministère en charge et de l'agriculture et pour le Conseil de Prospective Européenne et Internationale pour l'Agriculture et l'Alimentation (COPEIAA), disponible à www.agriculture.gouv.fr, 103 p.

Courleux F., Boussard J.M., Bureau J.C., Le Moing S. (2011). En quoi la crise agricole renouvelle-t-elle les débats des politiques agricoles ? *Notes et Etudes Socio-Economiques*, 34, 97-112.

Deaton A., Laroque G. (1992). On the behavior of commodity prices. *Review of Economic Studies*, 59, 1-24.

Delande M. (1992). Marchés à Terme : Incertitude, Information et Equilibre. Edition Economica, 467 p.

- Dewbre J., Giner C., Thompson W., Von Lampe M. (2008).** High food commodity prices: will they stay? Who will pay? *Agricultural Economics*, 39, 393-403.
- Dimaranan B.V. (2002).** Construction of the Protection Data Base. Chapter 16.A. of Dimaranan B.V. and McDougall R.A. (eds), *Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 5 Data Base*. www.gtap.org
- Eaton J., Grossman G. (1985).** Tariffs as Insurance: Optimal Commercial Policy When Domestic Markets are Incomplete. *Canadian Journal of Economics*, 18(2), 258-272.
- Elbehri A. (2002).** Export subsidies. Chapter 16.D. of Dimaranan B.V. and McDougall R.A. (eds), *Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 5 Data Base*. www.gtap.org
- Féménia F. (2010).** Politique Agricole Commune et Stabilisation des Revenus et Marchés Agricoles Européens. Thèse en sciences économiques de l'Université de Rennes 1, 267 p.
- Frechette D.L. (1999).** The supply of storage under heterogeneous expectations. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 31(3) : 461-474.
- Gadson K.E., Price J.M., Salathe L.E. (1982).** FAPSIM: Structural Equations and Variable Definitions. USDA ERS Staff Report AGES820506.
- Gardner B.L. (1979).** Robust Stabilization Policies for International Commodity Agreements. *Proceedings of the American Economic Review*, 69(2), 169-172.
- Goodwin B., Ker A. (2002).** Modeling price and yield risk. Chapter 14 in Just et Pope, editors, *A comprehensive Assessment of the Role of Risk in U.S. Agriculture*, Kluwer Academic Publishers, pp. 289-324
- Gouel C. (2010).** Food price stabilisation for risk averse consumers. Papier présenté aux 4èmes journées de recherche en sciences sociales INRA-SFER-CIRAD, disponible à www.sfer.asso.fr, 30 p.
- Grossman S.J., Stiglitz J.E. (1980).** On the impossibility of Informationally Efficient Markets. *American Economic Review*, 70(3), pp. 393-408
- Hertel T., Tsigas M. (1997).** Structure of GTAP. In Hertel T. (editor): *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*. Cambridge University Press, 13-73.
- Hertel T., Reimer J., Valenzuela E. (2005).** Incorporating commodity stockholding into a general equilibrium model of the global economy. *Economic modelling*, 22, 646-664.

Huang P.H., Wu H.M. (1999). Market equilibrium with endogenous price uncertainty and options. Chapter 6 in “Markets, Information and Uncertainty. Essays in Economic Theory in Honor of K.J. Arrow, Edited by G. Chichilnisky, Cambridge University Press.

Innes R. (1990). Uncertainty, incomplete markets and Government Farm Programs. *Southern Economic Journal*, 57(1), 47-65.

Just R. E. and Rauser G. C. (2002). Conceptual Foundations of Expectations and Implications for Estimation of Risk Behavior, in: *A Comprehensive Assessment of the Role of Risk in U.S. Agriculture*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 53-80.

Just R.E., Just D.R. (2009). Global identification of risk preferences with revealed preference data. *Journal of Econometrics*, forthcoming.

Keeney R., Hertel T. (2005). GTAP-AGR: A Framework for Assessing the Implications of Multilateral Changes in Agricultural Policies, Center for Global Trade Analysis, Department of Agricultural Economics, Purdue University, disponible à www.gtap.org

Kurz M., Wu H.M. (1996). Endogenous uncertainty in a general equilibrium model with price-contingent contracts. *Economic Theory*, 8, 461-488.

Lapan H., Moschini G. (1996). Optimal price policy and the futures markets. *Economic Letters*, 53, 175-182.

Leathers H.D., Chavas J.P. (1986). Farm Debt, Default, and Foreclosure: An economic Rationale for Policy Action. *American Journal of Agricultural Economics*, 68(4), 828-837.

Lence S. (2009). Do Futures benefit Farmers ?, *American Journal of Agricultural Economics*, 91(1), 154-167.

Lence S. (2009). Joint Estimation of Risk Preferences and Technology: Flexible Utility or Futility? *American Journal of Agriculture Economics*, 91(3), pp. 581-598

McDougall R. (2002). Updating and Adjusting the Regional Input-Output Tables. Chapter 16.D. of Dimaranan B.V. and McDougall R.A. (eds), *Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 5 Data Base*. www.gtap.org

Mahul O. (1998). Vers une redéfinition du rôle de l'assurance agricole dans la gestion des risques sur récolte. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, 49, 35-58.

- Mahul O. (2002).** *Les Outils de Gestion Des Risques De Marché*, Rapport pour le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales, Direction des Politiques Economique et Internationale, disponible à www.agriculture.gouv.fr, 113 p.
- Maynard L.J., Wolf C., Gearhardt M. (2005).** Can Futures and Options Markets Hold the Milk Price Safety Net? Policy Conflicts and Market Failures in Dairy Hedging. *Review of Agricultural Economics*, 27, 273-286. ²
- Modelina A., Roe T. and Shane M. (2004).** Measuring Commodity Price Volatility and the Welfare Consequences of Eliminating Volatility, AAEA meeting, Denver, Colorado.
- Moschini G., Lapan H. (1992).** Hedging Price Risk with Options and Futures for the Competitive Firm with Production Flexibility. *International Economic Review*, 33(3), 607-718.
- Moschini G., Hennessy D. (2002).** Uncertainty, Risk Aversion, and Risk Management for Agricultural Producers. Chapter 2 in Handbook of Agricultural Economics.
- Miranda M.J., Helmberger P.G. (1988).** The Effects of Commodity Price Stabilization Programs. *American Economic Review*, 78(1), 46-58.
- Mitra S., Boussard J.M. (2011).** Les stocks et la volatilité des prix agricoles. Un modèle de fluctuations endogènes. *Economie Rurale*, 321.
- Munier B., Briand A. (2009).** Agricultural Markets Uncertainty and Financialization: A Micro-Disequilibrium Macro-Equilibrium Integrated Model. Paper presented at the Paris Workshop on Uncertainty and Price Volatility of Agricultural Commodities, 49 p.
- Munier B. (2010).** Boundedly rational exuberance on commodity markets. *Risk and Decision Analysis*, 2(1), 33-50.
- Myers R.J. (1988).** The value of Ideal Contingency Markets in Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 70(2), 255-267.
- Newbery D., Stiglitz J. (1984).** Pareto Inferior Trade. *Review of Economic Studies*, LI, 1-12.
- Newberry D. (1989).** The theory of food price stabilisation. *The Economic Journal*, 99(398), 1065-1082

OCDE (2006). Documentation of the Aglink-Cosimo Model. Document AGR/CA/APM(2006)16.

OCDE (2009). An Assessment of Risk Exposure in Agriculture Based on a Review of the Literature. in: *Managing Risk in Agriculture : A Holistic Approach*, disponible à www.oecd.org , pp. 97-160

OCDE (2011). Aggregate model analysis of exogenous risk and price variability. Document TAD/CA/APM/WP(2010)31.

Pannell D.J., Hailu G., Weersink A., Burt A. (2008). More reasons why farmers have so little interest in future markets. *Agricultural Economics*, 39, 41-50.

Pope R.D., LaFrance J.T., Just R.E. (2010). Agriculture Arbitrage and Risk Preferences *Journal of econometrics*, forthcoming.

Ross S. (1976). Options and efficiency. *Quarterly Journal of Economics*, 90, 85-89.

Scandizzo P.L., Hazell P.B.R., Anderson J.R. (1983). Producers' Price Expectations and the Size of the Welfare Gains from Price Stabilization. *Review of Marketing and Agricultural Economics*, 51, 93-107.

Semmler W., Bernard L. (2010). Boundedly rational exuberance in commodity markets. Some comments on Bertrand Munier. *Risk and Decision Analysis*, 2, 51-58.

Simmons P. (2002). Why do farmers have so little interest in futures markets ? *Agricultural Economics*, 27, 1-6.

Skees J., Barnett B. (1999). Conceptual and Practical Considerations for Sharing Catastrophic/Systemic Risks. *Review of Agricultural Economics*, 21(2), 424-441.

Sumner D. (2003). Implications of the US Farm bill of 2002 for agricultural trade and trade negotiations. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 46(3), 99-122.

Turnovsky S.T., Campbell R.B. (1985). The stabilizing and Welfare Properties of Future Markets : A simulation approach. *International Economic Review*, 26(2): 277-303.

Valenzuela E., Hertel T., Keeney R., Reimer J. (2007). Assessing Global Computable General Equilibrium Model Validity Using Agricultural Price Volatility. *American Journal of Agricultural Economics*, 89(2), 383-397.

- Van Meijl H., Von Tangeren F. (2002).** The Agenda 2000 CAP reform, World Prices and GATT/WTO export constraints. *European Review of Agricultural Economics*, 29(4), 149-172.
- Wang H.H., Makus L.D., Chen X. (2004).** The Impact of US Commodity Programs on Hedging in the Presence of Crop Insurance. *European Review of Agricultural Economics*, 31, 331-352.
- Westerhoff F. (2003).** Speculative markets and the effectiveness of price limits. *Journal of Economics Dynamic and Control*, 28, 493-508
- Westhoff P., Baur R., Stephens D.L., Meyers W.H. (1990).** FAPRI U.S. Crops Model Documentation, CARD Technical Report 90-TR17, 125 p.
- Westhoff P., Brown S., Hart C. (2005).** When Point Estimates Miss the Point: Stochastic Modeling of WTO Restrictions. FAPRI Policy Working Paper 01-05, disponible à www.fapri.org
- Williams J.C., Wright B.D. (1991).** Storage and commodity markets. Cambridge university press, 502 p.
- Wright B., Williams J. (1984).** The Welfare Effects of the Introduction of Storage. *Quarterly Journal of Economics*, 99, 169-182.

Annexe 1.

Programme GAMS pour mettre en œuvre le modèle développé dans la partie 3.

```
*-----  
* Aglink Cosimo on EU wheat  
* all other variables are exogenised  
* specification of a isoelastic EU export demand function  
* Intervention price regime is removed (as well limits on subsidized exports)  
*-----
```

Sets

```
FT    full time of Aglinl-cosimo data / 2000*2019 /  
T(FT) time for projections / 2010*2019 / ;
```

```
Parameter dataaglink(*,*,*,FT) reading aglinkcosimo data ;  
$libinclude xlexport dataaglink data.xls data
```

```
* initial values of endogenous variables
```

Parameters

```
E12W TSAH0(T)  
E12W TDAH0(T)  
E15W TSAH0(T)  
E15W TDAH0(T)  
E12W SYLD0(T)  
E12W TDYLD0(T)  
E15W SYLD0(T)  
E15W TDYLD0(T)  
E12W SQP0(T)  
E12W TDQP0(T)  
E15W SQP0(T)  
E15W TDQP0(T)  
E27W SQP0(T)  
E27W TQP0(T)  
E12W SFO0(T)  
E12W TDFO0(T)  
E15W SFO0(T)  
E15W TDFO0(T)  
E27W SFO0(T)  
E12W SFE0(T)  
E12W TDFE0(T)  
E15W TDFE0(T)  
E15W SFE0(T)  
E27W TFE0(T)  
E12W SOU0(T)  
E12W TDOU0(T)  
E15W SOU0(T)  
E15W TDOU0(T)  
E27W TOU0(T)  
E12W SBF0(T)  
E15W SBF0(T)
```

E27WTBF0(T)
E27WTQC0(T)
E27WTSIST0(T)
E27WTSPRST0(T)
E27WTSSST0(T)
E27WTST0(T)
E27WTIM0(T)
E27WTEX0(T)
E27WTSPP0(T)
E27WTDPP0(T)
E12WTSPP0(T)
E12WTDPP0(T)
E15WTSPP0(T)
E15WTDPP0(T)
E12WTSRH0(T)
E12WTD RH0(T)
E15WTSRH0(T)
E15WTD RH0(T)
E27WTTP0(T)

;

E12WTS AH0(T) = dataaglink("E12","wts","ah",t) ;
E12WTD AH0(T) = dataaglink("E12","wtd","ah",t) ;
E15WTS AH0(T) = dataaglink("E15","wts","ah",t) ;
E15WTD AH0(T) = dataaglink("E15","wtd","ah",t) ;
E12WTS YLD0(T)= dataaglink("E12","wts","yld",t) ;
E12WTD YLD0(T)= dataaglink("E12","wtd","yld",t) ;
E15WTS YLD0(T)= dataaglink("E15","wts","yld",t) ;
E15WTD YLD0(T)= dataaglink("E15","wtd","yld",t) ;
E12WTS QP0(T) = dataaglink("E12","wts","qp",t) ;
E12WTD QP0(T) = dataaglink("E12","wtd","qp",t) ;
E15WTS QP0(T) = dataaglink("E15","wts","qp",t) ;
E15WTD QP0(T) = dataaglink("E15","wtd","qp",t) ;
E27WTS QP0(T) = dataaglink("E27","wts","qp",t) ;
E27WT QP0(T) = dataaglink("E27","wt","qp",t) ;
E12WTS FO0(T) = dataaglink("E12","wts","fo",t) ;
E12WTD FO0(T) = dataaglink("E12","wtd","fo",t) ;
E15WTS FO0(T) = dataaglink("E15","wts","fo",t) ;
E15WTD FO0(T) = dataaglink("E15","wtd","fo",t) ;
E27WTS FO0(T) = dataaglink("E27","wt","fo",t) ;
E12WTS FE0(T) = dataaglink("E12","wts","fe",t) ;
E12WTD FE0(T) = dataaglink("E12","wtd","fe",t) ;
E15WTS FE0(T) = dataaglink("E15","wtd","fe",t) ;
E15WTS FE0(T) = dataaglink("E15","wts","fe",t) ;
E27WTS FE0(T) = dataaglink("E27","wt","fe",t) ;
E12WTS OU0(T) = dataaglink("E12","wts","ou",t) ;
E12WTD OU0(T) = dataaglink("E12","wtd","ou",t) ;
E15WTS OU0(T) = dataaglink("E15","wts","ou",t) ;
E15WTD OU0(T) = dataaglink("E15","wtd","ou",t) ;
E27WTS OU0(T) = dataaglink("E27","wt","ou",t) ;

E12WTSBF0(T) = dataaglink("E12","wts","bf",t) ;
 E15WTSBF0(T) = dataaglink("E15","wts","bf",t) ;
 E27WTBF0(T) = dataaglink("E27","wt","bf",t) ;
 E27WTQC0(T) = dataaglink("E27","wt","qc",t) ;
 E27WTSIST0(T)= dataaglink("E27","wts","ist",t) ;
 E27WTSPRST0(T)= dataaglink("E27","wts","prst",t) ;
 E27WTSST0(T) = dataaglink("E27","wts","st",t) ;
 E27WTST0(T) = dataaglink("E27","wt","st",t) ;
 E27WTIM0(T) = dataaglink("E27","wt","im",t) ;
 E27WTEX0(T) = dataaglink("E27","wt","ex",t) ;
 E27WTSPP0(T) = dataaglink("E27","wts","pp",t) ;
 E27WTDPP0(T) = dataaglink("E27","wtd","pp",t) ;
 E12WTSPP0(T) = dataaglink("E12","wts","pp",t) ;
 E12WTDPP0(T) = dataaglink("E12","wtd","pp",t) ;
 E15WTSPP0(T) = dataaglink("E15","wts","pp",t) ;
 E15WTDPP0(T) = dataaglink("E15","wtd","pp",t) ;
 E12WTSRH0(T) = dataaglink("E12","wts","rh",t) ;
 E12WTD RH0(T) = dataaglink("E12","wtd","rh",t) ;
 E15WTSRH0(T) = dataaglink("E15","wts","rh",t) ;
 E15WTD RH0(T) = dataaglink("E15","wtd","rh",t) ;
 E27WTPP0(T) = dataaglink("E27","wt","pp",t) ;

*-----

* Declaration of endogenous variables

*-----

VARIABLES

E12WTSAH(T) soft wheat area in 12 new member states
 E12WTD AH(T) durum wheat area in 12 new member states
 E15WTSAH(T) soft wheat area in 15 old member states
 E15WTD AH(T) durum wheat area in 15 old member states
 E12WTSYLD(T) soft wheat yield in 12 new member states
 E12WTDYLD(T) durum wheat yield in 12 new member states
 E15WTSYLD(T) soft wheat yield in 15 old member states
 E15WTDYLD(T) durum wheat yield in 15 old member states
 E12WTSQP(T) soft wheat production in 12 new member states
 E12WTDQP(T) durum wheat production in 12 new member states
 E15WTSQP(T) soft wheat production in 15 old member states
 E15WTDQP(T) durum wheat production in 15 old member states
 E27WTSQP(T) soft wheat production in europe
 E27WTQP(T) wheat production in europe
 E12WTSFO(T) soft wheat food demand in 12 new member states
 E12WTDFO(T) durum wheat food demand in 12 new member states
 E15WTSFO(T) soft wheat food demand in 15 old member states
 E15WTDFO(T) durum wheat food demand in 15 old member states
 E27WTFO(T) wheat food demand in europe
 E12WTSFE(T) soft wheat feed demand in 12 new member states
 E12WTD FE(T) durum wheat feed demand in 12 new member states
 E15WTD FE(T) durum wheat feed demand in 15 old member states
 E15WTSFE(T) soft wheat feed demand in 15 old member states
 E27WTFE(T) wheat feed demand in europe

E12WTSOU(T) soft wheat other demand in 12 new member states
 E12WTD0U(T) soft wheat other demand in 12 new member states
 E15WTSOU(T) soft wheat other demand in 15 old member states
 E15WTD0U(T) soft wheat other demand in 15 old member states
 E27WTOU(T) wheat other demand in europe
 E12WTSBF(T) soft wheat biofuel demand in 12 new member states
 E15WTSBF(T) soft wheat biofuel demand in 15 old member states
 E27WTBF(T) wheat biofuel demand in europe
 E27WTQC(T) wheat total demand in europe
 E27WTSIST(T) soft wheat intervention stocks
 E27WTSRST(T) soft wheat private stocks
 E27WTSST(T) soft wheat total stocks
 E27WTST(T) wheat total stocks
 E27WTIM(T) wheat imports
 E27WTEX(T) wheat exports
 E27WTSPP(T) soft wheat price in europe
 E27WTDPP(T) durum wheat price in europe
 E12WTSPP(T) soft wheat price in 12 new member states
 E12WTDPP(T) durum wheat price in 12 new member states
 E15WTSPP(T) soft wheat price in 15 old member states
 E15WTDPP(T) durum wheat price in 15 old member states
 E12WTSRH(T) soft wheat return per ha in 12 new member states
 E12WTD RH(T) durum wheat return per ha in 12 new member states
 E15WTSRH(T) soft wheat return per ha in 15 old member states
 E15WTD RH(T) durum wheat return per ha in 15 old member states
 E27WTPP(T) european wheat price

;

EQUATIONS

EQE12WTSAH(T) equations determining soft wheat areas in the 12 new member states
 EQE12WTD AH(T) and so on
 EQE15WTSAH(T)
 EQE15WTD AH(T)
 EQE12WTSYLD(T)
 EQE12WTDYLD(T)
 EQE15WTSYLD(T)
 EQE15WTDYLD(T)
 EQE12WTSQP(T)
 EQE12WTDQP(T)
 EQE15WTSQP(T)
 EQE15WTDQP(T)
 EQE27WTSQP(T)
 EQE27WTQP(T)
 EQE12WTSFO(T)
 EQE12WTDFO(T)
 EQE15WTSFO(T)
 EQE15WTDFO(T)
 EQE27WTF0(T)
 EQE12WTSFE(T)
 EQE12WTD FE(T)

EQE15WTDFFE(T)
 EQE15WTSFE(T)
 EQE27WTFE(T)
 EQE12WTSOU(T)
 EQE12WTDYOU(T)
 EQE15WTSOU(T)
 EQE15WTDYOU(T)
 EQE27WTOU(T)
 EQE12WTSBF(T)
 EQE15WTSBF(T)
 EQE27WTBF(T)
 EQE27WTQC(T)
 EQE27WTSIST(T)
 EQE27WTSST(T)
 EQE27WTST(T)
 EQE27WTIM(T)
 EQE27WTEX(T)
 EQE27WTSPP(T)
 EQE27WTDPP(T)
 EQE12WTSPP(T)
 EQE12WTDPP(T)
 EQE15WTSPP(T)
 EQE15WTDPP(T)
 EQE12WTSRH(T)
 EQE12WTD RH(T)
 EQE15WTSRH(T)
 EQE15WTD RH(T)
 EQE27WTPP(T)
 EQE27WTSRST1(T)
 EQE27WTSRST2(T)
 EQE27WTSRST3(T)
 EQE27WTSRST4(T)
 EQE27WTSRST5(T)

;

Parameter

choc(t) yield shock per year ;

choc(t) = 1 ;

* HARVESTED AREA

EQE12WTSAH(T)..

Log(E12WTSAH(T)) = e =

(0.1 * Log(E12WTSRH(T-1))

+ log (E12WTSAH0(T))

- 0.1 * Log(E12WTSRH0(T-1))

)\$(ord(t) GT 1)

+

(LOG(E12WTSAH0(T))

)\$(ord(t) LE 1)
;

EQE12WTDAH(T)..
Log(E12WTDAH(T)) =e=
(0.1 * Log(E12WTDRH(T-1))
+ Log(E12WTDAH0(T))
- 0.1 * Log(E12WTDRH0(T-1))

)\$(ord(t) GT 1)

+
(LOG(E12WTDAH0(T))

)\$(ord(t) LE 1)
;

EQE15WTSAH(T)..
Log(E15WTSAH(T)) =e=
(0.1 * Log(E15WTSRH(T-1))
+ Log(E15WTSAH0(T))
- 0.1 * Log(E15WTSRH0(T-1))

)\$(ord(t) GT 1)

+
(LOG(E15WTSAH0(T))

)\$(ord(t) LE 1)
;

EQE15WTDAH(T)..
Log(E15WTDAH(T)) =e=
(0.1 * Log(E15WTDRH(T-1))
+ Log(E15WTDAH0(T))
- 0.1 * Log(E15WTDRH0(T-1))

)\$(ord(t) GT 1)

+
(LOG(E15WTDAH0(T))

)\$(ord(t) LE 1)
;

* YIELD

EQE12WTSYLD(T)..
Log(E12WTSYLD(T)) =e=
(0.1 * Log(E12WTSPP(T-1))
+ Log(E12WTSYLD0(T))
- 0.1 * Log(E12WTSPP0(T-1))
+ log (choc(t))

)\$(ord(t) GT 1)

+
(LOG(E12WTSYLD0(T))

)\$(ord(t) LE 1)
;

EQE12WTDYLD(T)..
 Log(E12WTDYLD(T)) =e=
 (0.12 * Log(E12WTDPP(T-1))
 + Log(E12WTDYLD0(T))
 - 0.12 * Log(E12WTDPP0(T-1))
 + log (choc(t))
)\$(ord(t) GT 1)
 +
 (LOG(E12WTDYLD0(T))
)\$(ord(t) LE 1)
 ;

EQE15WTSYLD(T)..
 Log(E15WTSYLD(T)) =e=
 (0.1 * Log(E15WTSPP(T-1))
 + Log(E15WTSYLD0(T))
 - 0.1 * Log(E15WTSPP0(T-1))
 + log (choc(t))
)\$(ord(t) GT 1)
 +
 (LOG(E15WTSYLD0(T))
)\$(ord(t) LE 1)
 ;

EQE15WTDYLD(T)..
 Log(E15WTDYLD(T)) =e=
 (0.0724 * Log(E15WTDPP(T-1))
 + Log(E15WTDYLD0(T))
 - 0.0724 * Log(E15WTDPP0(T-1))
 + log (choc(t))
)\$(ord(t) GT 1)
 +
 (LOG(E15WTDYLD0(T))
)\$(ord(t) LE 1)
 ;

* PRODUCTION

EQE12WTSQP(T)..
 E12WTSQP(T) =e= E12WTSAH(T)*E12WTSYLD(T) ;

EQE12WTDQP(T)..
 E12WTDQP(T) =e= E12WTDAAH(T)*E12WTDYLD(T) ;

EQE15WTSQP(T)..
 E15WTSQP(T) =e= E15WTSAH(T)*E15WTSYLD(T) ;

EQE15WTDQP(T)..

$$E15WTDQP(T) = e^{-0.133 \log(E15WTDYLD(T))} \cdot E15WTDYLD(T) ;$$

$$EQE27WTSQP(T) = e^{-0.133 \log(E12WTSQP(T))} \cdot E12WTSQP(T) ;$$

$$E27WTSQP(T) = E12WTSQP(T) + E15WTSQP(T) ;$$

$$EQE27WTQP(T) = e^{-0.133 \log(E12WTDQP(T))} \cdot E12WTDQP(T) ;$$

$$E27WTQP(T) = E12WTDQP(T) + E12WTSQP(T) + E15WTSQP(T) + E15WTDQP(T) ;$$

* FOOD USE

$$EQE12WTSFO(T) = e^{-0.133 \log(E12WTSFO(T))} \cdot E12WTSFO(T) ;$$

$$\log(E12WTSFO(T)) = -0.133 \log(E12WTSPP(T))$$

$$+ \log(E12WTSFO0(T)) + 0.133 \log(E12WTSPP0(T)) ;$$

$$EQE12WTDFO(T) = e^{-0.1 \log(E12WTDFO(T))} \cdot E12WTDFO(T) ;$$

$$\log(E12WTDFO(T)) = -0.1 \log(E12WTDPP(T))$$

$$+ \log(E12WTDFO0(T)) + 0.1 \log(E12WTDPP0(T)) ;$$

$$EQE15WTSFO(T) = e^{-0.033 \log(E15WTSFO(T))} \cdot E15WTSFO(T) ;$$

$$\log(E15WTSFO(T)) = -0.033 \log(E15WTSPP(T))$$

$$+ \log(E15WTSFO0(T)) + 0.033 \log(E15WTSPP0(T)) ;$$

$$EQE15WTDFO(T) = e^{-0.15 \log(E15WTDFO(T))} \cdot E15WTDFO(T) ;$$

$$\log(E15WTDFO(T)) = -0.15 \log(E15WTDPP(T))$$

$$+ \log(E15WTDFO0(T)) + 0.15 \log(E15WTDPP0(T)) ;$$

$$EQE27WTFO(T) = e^{-0.133 \log(E12WTSFO(T))} \cdot E12WTSFO(T) ;$$

$$E27WTFO(T) = E12WTSFO(T) + E12WTDFO(T) + E15WTSFO(T) + E15WTDFO(T) ;$$

* FEED USE

$$EQE12WTSFE(T) = e^{-0.1 \log(E12WTSFE(T))} \cdot E12WTSFE(T) ;$$

$$\log(E12WTSFE(T)) = \log(E12WTSFE0(T))$$

$$- 0.1 \log(E12WTSPP(T)) + 0.1 \log(E12WTSPP0(T)) ;$$

$$EQE12WTDFFE(T) = e^{-0.34 \log(E15WTDFFE(T))} \cdot E15WTDFFE(T) ;$$

$$E12WTDFFE(T) = E12WTDFFE0(T) ;$$

$$EQE15WTSFE(T) = e^{-0.34 \log(E15WTSFE(T))} \cdot E15WTSFE(T) ;$$

$$\log(E15WTSFE(T)) = \log(E15WTSFE0(T))$$

$$- 0.34 \log(E15WTSPP(T)) + 0.34 \log(E15WTSPP0(T)) ;$$

$$EQE15WTDFFE(T) = e^{-0.34 \log(E15WTDFFE(T))} \cdot E15WTDFFE(T) ;$$

$$E15WTDFFE(T) = E15WTDFFE0(T) ;$$

$$EQE27WTFFE(T) = e^{-0.133 \log(E12WTSFE(T))} \cdot E12WTSFE(T) ;$$

$$E27WTFFE(T) = E12WTSFE(T) + E12WTDFFE(T) + E15WTSFE(T) + E15WTDFFE(T) ;$$

* OTHER USE

EQE12WTSOU(T)..

$$\text{Log}(E12WTSOU(T)) = e = -0.0946 * \log(E12WTSPP(T)) \\ + 0.0946 * \log(E12WTSPP0(T)) + \log(E12WTSOU0(T));$$

EQE12WTDOU(T)..

$$\text{Log}(E12WTDOU(T)) = e = -0.1 * \log(E12WTDPP(T)) \\ + 0.1 * \log(E12WTDPP0(T)) + \log(E12WTDOU0(T));$$

EQE15WTSOU(T)..

$$\text{Log}(E15WTSOU(T)) = e = -0.158 * \log(E15WTSPP(T)) \\ + 0.158 * \log(E15WTSPP0(T)) + \log(E15WTSOU0(T));$$

EQE15WTDOU(T)..

$$\text{Log}(E15WTDOU(T)) = e = -0.0191 * \log(E15WTDPP(T)) \\ + 0.0191 * \log(E15WTDPP0(T)) + \log(E15WTDOU0(T));$$

EQE27WTOU(T)..

$$E27WTOU(T) = e = E12WTDOU(T) + E12WTSOU(T) + E15WTDOU(T) + E15WTSOU(T) \\ ;$$

* USE FOR BIOFUELS

EQE12WTSBF(T)..

$$E12WTSBF(T) = E = E12WTSBF0(T);$$

EQE15WTSBF(T)..

$$E15WTSBF(T) = E = E15WTSBF0(T);$$

EQE27WTBF(T)..

$$E27WTBF(T) = E = E12WTSBF(T) + E15WTSBF(T);$$

*EU wheat total consumption

EQE27WTQC(T)..

$$E27WTQC(T) = E = E27WTFO(T) + E27WTFE(T) + E27WTOU(T) + E27WTBF(T);$$

***EU wheat stocks

EQE27WTSIST(T)..

$$E27WTSIST(T) = e = E27WTSIST0(T);$$

EQE27WTSPRST1(T)..

$$\text{Log}(E27WTSPRST(T)) = e = \\ (0.3 * \text{Log}(E27WTSQP(T) + E27WTSPRST(T-1)) \\ - 0.3 * \text{Log}(3 * E27WTSPP(T) / (E27WTSPP(T-1) + E27WTSPP(T-2) + \\ E27WTSPP(T-3))) \\ + \log(E27WTSPRST0(T)) \\ - 0.3 * \text{Log}(E27WTSQP0(T) + E27WTSPRST0(T-1)))$$

$$\begin{aligned}
& + 0.3 * \text{Log}(3 * E27WTSPPO(T) / (E27WTSPPO(T-1) + E27WTSPPO(T-2)+ \\
& E27WTSPPO(T-3))) \\
&)\$(\text{ord}(t) \text{ GT } 3) \\
& + (\text{log}(E27WTSPRST0(T))) \\
&)\$(\text{ord}(t) \text{ LE } 3) ;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& EQE27WTSPRST2(T).. \\
& \text{Log}(E27WTSPRST(T)) =e= \\
& (\text{log}(E27WTSPRST0(T)) \\
&)\$(\text{ord}(t) \text{ GT } 3) \\
& + (\text{log}(E27WTSPRST0(T))) \\
&)\$(\text{ord}(t) \text{ LE } 3) ;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& EQE27WTSPRST3(T).. \\
& \text{Log}(E27WTSPRST(T)) =e= \\
& (0.3 * \text{Log}(E27WTSQP(T) + E27WTSPRST(T-1)) \\
& - 0.3 * \text{Log}(3 * E27WTSPPO(T) / (E27WTSPPO(T-1) + E27WTSPPO(T-1)+ \\
& E27WTSPPO(T-1))) \\
& + \text{log}(E27WTSPRST0(T)) \\
& - 0.3 * \text{Log}(E27WTSQP0(T) + E27WTSPRST0(T-1)) \\
& + 0.3 * \text{Log}(3 * E27WTSPPO(T) / (E27WTSPPO(T-1) + E27WTSPPO(T-1)+ \\
& E27WTSPPO(T-1))) \\
&)\$(\text{ord}(t) \text{ GT } 3) \\
& + (\text{log}(E27WTSPRST0(T))) \\
&)\$(\text{ord}(t) \text{ LE } 3) ;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& EQE27WTSPRST4(T).. \\
& \text{Log}(E27WTSPRST(T)) =e= \\
& (0.3 * \text{Log}(E27WTSQP(T) + E27WTSPRST(T-1)) \\
& - 3 * \text{Log}(3 * E27WTSPPO(T) / (E27WTSPPO(T-1) + E27WTSPPO(T-2)+ E27WTSPPO(T- \\
& 3))) \\
& + \text{log}(E27WTSPRST0(T)) \\
& - 0.3 * \text{Log}(E27WTSQP0(T) + E27WTSPRST0(T-1)) \\
& + 3 * \text{Log}(3 * E27WTSPPO(T) / (E27WTSPPO(T-1) + E27WTSPPO(T-2)+ \\
& E27WTSPPO(T-3))) \\
&)\$(\text{ord}(t) \text{ GT } 3) \\
& + (\text{log}(E27WTSPRST0(T))) \\
&)\$(\text{ord}(t) \text{ LE } 3) ;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& EQE27WTSPRST5(T).. \\
& \text{Log}(E27WTSPRST(T)) =e= \\
& (0 * \text{Log}(E27WTSQP(T) + E27WTSPRST(T-1)) \\
& - 3 * \text{Log}(3 * E27WTSPPO(T) / (E27WTSPPO(T-1) + E27WTSPPO(T-1)+ E27WTSPPO(T- \\
& 1))) \\
& + \text{log}(E27WTSPRST0(T)) \\
& - 0 * \text{Log}(E27WTSQP0(T) + E27WTSPRST0(T-1)) \\
& + 3 * \text{Log}(3 * E27WTSPPO(T) / (E27WTSPPO(T-1) + E27WTSPPO(T-1)+ \\
& E27WTSPPO(T-1))) \\
&)\$(\text{ord}(t) \text{ GT } 3)
\end{aligned}$$

+ (log(E27WTSPRST0(T))
)\$\text{(ord(t) LE 3)}\$;

EQE27WTSST(T)..
E27WTSST(T) =e= E27WTSIST(T) + E27WTSPRST(T) ;

EQE27WTST(T)..
E27WTST(T) =e= E27WTSST(T) ;

*EU wheat trade

EQE27WTIM(T)..
Log(E27WTIM(T)) =e= 0.0699* log(E27WTPP(T))
- 0.0699* log(E27WTPP0(T)) + log(E27WTIM0(T)) ;

EQE27WTEX(T)..
Log(E27WTEX(T)) =e= -0.5* log(E27WTPP(T))
+ 0.5* log(E27WTPP0(T)) + log(E27WTEX0(T)) ;

** producer prices

Parameter
stockini ;
stockini = dataaglink("E27","wt","st","2009") ;

EQE27WTPP(T)..
(E27WTQP(T) + E27WTST(T-1) + E27WTIM(T) - E27WTQC(T) - E27WTST(T) -
E27WTEX(T))\$\text{(ord(t) GT 1)}\$
+ (E27WTQP(T) + stockini + E27WTIM(T) - E27WTQC(T) - E27WTST(T) -
E27WTEX(T))\$\text{(ord(t) EQ 1)}\$
=E= 0 ;

EQE27WTSPP(T)..
E27WTSPP(T) =e= 0.932 * E27WTPP(T) + E27WTSPP0(T) - 0.932 * E27WTPP0(T)
;

EQE27WTDPP(T)..
E27WTDPP(T) =e= 1.2 * E27WTPP(T) + E27WTDPP0(T) - 1.2 * E27WTPP0(T) ;

EQE12WTDPP(T)..
E12WTDPP(T) =E= E27WTDPP(T)*E12WTDPP0(T)/E27WTDPP0(T) ;

EQE12WTSPP(T)..
E12WTSPP(T) =E= E27WTSPP(T)*E12WTSPP0(T)/E27WTSPP0(T) ;

EQE15WTSPP(T)..
E15WTSPP(T) =E= E27WTSPP(T) ;

EQE15WTDPP(T)..
E15WTDPP(T) =E= E27WTDPP(T) ;

* Return per ha

EQE12WTDRH(T)..
E12WTDRH(T) =e=
(E12WTDPP(T) *
 (E12WTDYLD(T) + E12WTDYLD(T-1) + E12WTDYLD(T-2)) / 3
)\$ (ord(t) GT 3)
+
(E12WTDRH0(T)
)\$ (ord(t) LE 3) ;

EQE12WTSRH(T)..
E12WTSRH(T) =e=
(E12WTSPP(T) *
 (E12WTSYLD(T) + E12WTSYLD(T-1) + E12WTSYLD(T-2)) / 3
)\$ (ord(t) GT 3)
+
(E12WTSRH0(T)
)\$ (ord(t) LE 3) ;

EQE15WTDRH(T)..
E15WTDRH(T) =e=
(E15WTDPP(T) *
 (E15WTDYLD(T) + E15WTDYLD(T-1) + E15WTDYLD(T-2)) / 3
)\$ (ord(t) GT 3)
+
(E15WTDRH0(T)
)\$ (ord(t) LE 3) ;

EQE15WTSRH(T)..
E15WTSRH(T) =e=
(E15WTSPP(T) *
 (E15WTSYLD(T) + E15WTSYLD(T-1) + E15WTSYLD(T-2)) / 3
)\$ (ord(t) GT 3)
+
(E15WTSRH0(T)
)\$ (ord(t) LE 3) ;

MODEL AGLINKinitial /
EQE12WTSAH.E12WTSAH, EQE12WTDAH.E12WTDAH, EQE15WTSAH.E15WTSAH,
EQE15WTDAH.E15WTDAH,

EQE12WTSYLD.E12WTSYLD, EQE12WTDYLD.E12WTDYLD,
EQE15WTSYLD.E15WTSYLD, EQE15WTDYLD.E15WTDYLD,
EQE12WTSQP.E12WTSQP, EQE12WTDQP.E12WTDQP, EQE15WTSQP.E15WTSQP,
EQE15WTDQP.E15WTDQP, EQE27WTSQP.E27WTSQP, EQE27WTQP.E27WTQP,
EQE12WTSFO.E12WTSFO, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTSFO.E15WTSFO,
EQE15WTDFO.E15WTDFO, EQE27WTFO.E27WTFO,
EQE12WTSFE.E12WTSFE, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTDFO.E15WTDFO,
EQE15WTSFE.E15WTSFE, EQE27WTFE.E27WTFE,
EQE12WTSOU.E12WTSOU, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTSOU.E15WTSOU,
EQE15WTDFO.E15WTDFO, EQE27WTOU.E27WTOU,
EQE12WTSBF.E12WTSBF, EQE15WTSBF.E15WTSBF, EQE27WTBF.E27WTBF,
EQE27WTQC.E27WTQC,
EQE27WTSIST.E27WTSIST, EQE27WTSST.E27WTSST, EQE27WTST.E27WTST,
EQE27WTPP.E27WTPP, EQE27WTIM.E27WTIM, EQE27WTEX.E27WTEX,
EQE27WTSPP.E27WTSPP, EQE27WTDPP.E27WTDPP, EQE12WTSPP.E12WTSPP,
EQE12WTDPP.E12WTDPP, EQE15WTSPP.E15WTSPP, EQE15WTDPP.E15WTDPP,
EQE12WTSRH.E12WTSRH, EQE12WTDRH.E12WTDRH, EQE15WTSRH.E15WTSRH,
EQE15WTDRH.E15WTDRH,
EQE27WTSRST1.E27WTSRST / ;

MODEL stockfixe /

EQE12WTSAH.E12WTSAH, EQE12WTDHAH.E12WTDHAH, EQE15WTSAH.E15WTSAH,
EQE15WTDHAH.E15WTDHAH,
EQE12WTSYLD.E12WTSYLD, EQE12WTDYLD.E12WTDYLD,
EQE15WTSYLD.E15WTSYLD, EQE15WTDYLD.E15WTDYLD,
EQE12WTSQP.E12WTSQP, EQE12WTDQP.E12WTDQP, EQE15WTSQP.E15WTSQP,
EQE15WTDQP.E15WTDQP, EQE27WTSQP.E27WTSQP, EQE27WTQP.E27WTQP,
EQE12WTSFO.E12WTSFO, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTSFO.E15WTSFO,
EQE15WTDFO.E15WTDFO, EQE27WTFO.E27WTFO,
EQE12WTSFE.E12WTSFE, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTDFO.E15WTDFO,
EQE15WTSFE.E15WTSFE, EQE27WTFE.E27WTFE,
EQE12WTSOU.E12WTSOU, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTSOU.E15WTSOU,
EQE15WTDFO.E15WTDFO, EQE27WTOU.E27WTOU,
EQE12WTSBF.E12WTSBF, EQE15WTSBF.E15WTSBF, EQE27WTBF.E27WTBF,
EQE27WTQC.E27WTQC,
EQE27WTSIST.E27WTSIST, EQE27WTSST.E27WTSST, EQE27WTST.E27WTST,
EQE27WTPP.E27WTPP, EQE27WTIM.E27WTIM, EQE27WTEX.E27WTEX,
EQE27WTSPP.E27WTSPP, EQE27WTDPP.E27WTDPP, EQE12WTSPP.E12WTSPP,
EQE12WTDPP.E12WTDPP, EQE15WTSPP.E15WTSPP, EQE15WTDPP.E15WTDPP,
EQE12WTSRH.E12WTSRH, EQE12WTDRH.E12WTDRH, EQE15WTSRH.E15WTSRH,
EQE15WTDRH.E15WTDRH,
EQE27WTSRST2.E27WTSRST / ;

MODEL stocknaif /

EQE12WTSAH.E12WTSAH, EQE12WTDHAH.E12WTDHAH, EQE15WTSAH.E15WTSAH,
EQE15WTDHAH.E15WTDHAH,
EQE12WTSYLD.E12WTSYLD, EQE12WTDYLD.E12WTDYLD,
EQE15WTSYLD.E15WTSYLD, EQE15WTDYLD.E15WTDYLD,

EQE12WTSQP.E12WTSQP, EQE12WTDQP.E12WTDQP, EQE15WTSQP.E15WTSQP,
EQE15WTDQP.E15WTDQP, EQE27WTSQP.E27WTSQP, EQE27WTQP.E27WTQP,
EQE12WTSFO.E12WTSFO, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTSFO.E15WTSFO,
EQE15WTDFO.E15WTDFO, EQE27WTFO.E27WTFO,
EQE12WTSFE.E12WTSFE, EQE12WTDFE.E12WTDFE, EQE15WTDFE.E15WTDFE,
EQE15WTSFE.E15WTSFE, EQE27WTFE.E27WTFE,
EQE12WTSOU.E12WTSOU, EQE12WTDU.E12WTDU, EQE15WTSOU.E15WTSOU,
EQE15WTDU.E15WTDU, EQE27WTOU.E27WTOU,
EQE12WTSBF.E12WTSBF, EQE15WTSBF.E15WTSBF, EQE27WTBF.E27WTBF,
EQE27WTQC.E27WTQC,
EQE27WTSIST.E27WTSIST, EQE27WTSST.E27WTSST, EQE27WTST.E27WTST,
EQE27WTPP.E27WTPP, EQE27WTIM.E27WTIM, EQE27WTEX.E27WTEX,
EQE27WTSPP.E27WTSPP, EQE27WTDPP.E27WTDPP, EQE12WTSPP.E12WTSPP,
EQE12WTDPP.E12WTDPP, EQE15WTSPP.E15WTSPP, EQE15WTDPP.E15WTDPP,
EQE12WTSRH.E12WTSRH, EQE12WTDHR.E12WTDHR, EQE15WTSRH.E15WTSRH,
EQE15WTDHR.E15WTDHR,
EQE27WTSRST3.E27WTSRST / ;

MODEL stocksensi /

EQE12WTSAH.E12WTSAH, EQE12WTDAAH.E12WTDAAH, EQE15WTSAH.E15WTSAH,
EQE15WTDAAH.E15WTDAAH,
EQE12WTSYLD.E12WTSYLD, EQE12WTDYLD.E12WTDYLD,
EQE15WTSYLD.E15WTSYLD, EQE15WTDYLD.E15WTDYLD,
EQE12WTSQP.E12WTSQP, EQE12WTDQP.E12WTDQP, EQE15WTSQP.E15WTSQP,
EQE15WTDQP.E15WTDQP, EQE27WTSQP.E27WTSQP, EQE27WTQP.E27WTQP,
EQE12WTSFO.E12WTSFO, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTSFO.E15WTSFO,
EQE15WTDFO.E15WTDFO, EQE27WTFO.E27WTFO,
EQE12WTSFE.E12WTSFE, EQE12WTDFE.E12WTDFE, EQE15WTDFE.E15WTDFE,
EQE15WTSFE.E15WTSFE, EQE27WTFE.E27WTFE,
EQE12WTSOU.E12WTSOU, EQE12WTDU.E12WTDU, EQE15WTSOU.E15WTSOU,
EQE15WTDU.E15WTDU, EQE27WTOU.E27WTOU,
EQE12WTSBF.E12WTSBF, EQE15WTSBF.E15WTSBF, EQE27WTBF.E27WTBF,
EQE27WTQC.E27WTQC,
EQE27WTSIST.E27WTSIST, EQE27WTSST.E27WTSST, EQE27WTST.E27WTST,
EQE27WTPP.E27WTPP, EQE27WTIM.E27WTIM, EQE27WTEX.E27WTEX,
EQE27WTSPP.E27WTSPP, EQE27WTDPP.E27WTDPP, EQE12WTSPP.E12WTSPP,
EQE12WTDPP.E12WTDPP, EQE15WTSPP.E15WTSPP, EQE15WTDPP.E15WTDPP,
EQE12WTSRH.E12WTSRH, EQE12WTDHR.E12WTDHR, EQE15WTSRH.E15WTSRH,
EQE15WTDHR.E15WTDHR,
EQE27WTSRST4.E27WTSRST / ;

MODEL stockprix /

EQE12WTSAH.E12WTSAH, EQE12WTDAAH.E12WTDAAH, EQE15WTSAH.E15WTSAH,
EQE15WTDAAH.E15WTDAAH,
EQE12WTSYLD.E12WTSYLD, EQE12WTDYLD.E12WTDYLD,
EQE15WTSYLD.E15WTSYLD, EQE15WTDYLD.E15WTDYLD,
EQE12WTSQP.E12WTSQP, EQE12WTDQP.E12WTDQP, EQE15WTSQP.E15WTSQP,
EQE15WTDQP.E15WTDQP, EQE27WTSQP.E27WTSQP, EQE27WTQP.E27WTQP,

EQE12WTSFO.E12WTSFO, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTSFO.E15WTSFO,
 EQE15WTDFO.E15WTDFO, EQE27WTFO.E27WTFO,
 EQE12WTSFE.E12WTSFE, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTDFO.E15WTDFO,
 EQE15WTSFE.E15WTSFE, EQE27WTFE.E27WTFE,
 EQE12WTSOU.E12WTSOU, EQE12WTDFO.E12WTDFO, EQE15WTSOU.E15WTSOU,
 EQE15WTDFO.E15WTDFO, EQE27WTOU.E27WTOU,
 EQE12WTSBF.E12WTSBF, EQE15WTSBF.E15WTSBF, EQE27WTBF.E27WTBF,
 EQE27WTQC.E27WTQC,
 EQE27WTSIST.E27WTSIST, EQE27WTSST.E27WTSST, EQE27WTST.E27WTST,
 EQE27WTPP.E27WTPP, EQE27WTIM.E27WTIM, EQE27WTEX.E27WTEX,
 EQE27WTSPP.E27WTSPP, EQE27WTDPP.E27WTDPP, EQE12WTSPP.E12WTSPP,
 EQE12WTDPP.E12WTDPP, EQE15WTSPP.E15WTSPP, EQE15WTDPP.E15WTDPP,
 EQE12WTSRH.E12WTSRH, EQE12WTDRH.E12WTDRH, EQE15WTSRH.E15WTSRH,
 EQE15WTDRH.E15WTDRH,
 EQE27WTSRST5.E27WTSRST / ;

Parameters

prix(*,t)
 stock(*,t)
 output(*,t)
 trade(*,t)
 demande(*,t) ;

set montecarlo /1*100 / ;

Parameters

alea(montecarlo,t)
 control(montecarlo) ;
 alea(montecarlo,t) = normal(1,0.03) ;
 alea(montecarlo,t)\$ (ord(t) LE 3) = 1 ;
 control(montecarlo) = 1 ;

\$include initiali.inc

SOLVE AGLINKinitial using mcp ;
 if ((aglinkinitial.modelstat ne 1), control(Montecarlo)=2;);
 prix("certain",t) = E27WTPP.l(t);
 stock("certain",t) = E27WTST.l(t) ;
 output("certain",t)= E27WTQP.l(t) ;
 trade("certain",t) = (E27WTEX.l(t) - E27WTIM.l(t)) ;
 demande("certain",t) = E27WTQC.l(t) ;

loop(Montecarlo\$(ord(Montecarlo) eq %sample%),
 choc(t) = alea(montecarlo,t) ;

\$include initiali.inc

E12WTSYLD.L(T)= E12WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
 E12WTDYLD.L(T)= E12WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;

```

E15WTSYLD.L(T)= E15WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E15WTDYLD.L(T)= E15WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;
SOLVE AGLINKinitial using mcp ;
if ( (aglinkinitial.modelstat ne 1), control(Montecarlo)=2; );
prix("initial",t) = E27WTPP.l(t);
stock("initial",t) = E27WTST.l(t) ;
output("initial",t)= E27WTQP.l(t) ;
trade("initial",t) = (E27WTEX.l(t) - E27WTIM.L(t)) ;
demande("initial",t) = E27WTQC.l(t) ;

```

```

$include initiali.inc
E12WTSYLD.L(T)= E12WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E12WTDYLD.L(T)= E12WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E15WTSYLD.L(T)= E15WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E15WTDYLD.L(T)= E15WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;
SOLVE stockfixe using mcp ;
if ( (stockfixe.modelstat ne 1), control(Montecarlo)=2; );
prix("stockfi",t) = E27WTPP.l(t);
stock("stockfi",t) = E27WTST.l(t) ;
output("stockfi",t)= E27WTQP.l(t) ;
trade("stockfi",t) = (E27WTEX.l(t) - E27WTIM.L(t)) ;
demande("stockfi",t) = E27WTQC.l(t) ;

```

```

$include initiali.inc
E12WTSYLD.L(T)= E12WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E12WTDYLD.L(T)= E12WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E15WTSYLD.L(T)= E15WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E15WTDYLD.L(T)= E15WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;
SOLVE stocknaif using mcp ;
if ( (stocknaif.modelstat ne 1), control(Montecarlo)=2; );
prix("stockna",t) = E27WTPP.l(t);
stock("stockna",t) = E27WTST.l(t) ;
output("stockna",t)= E27WTQP.l(t) ;
trade("stockna",t) = (E27WTEX.l(t) - E27WTIM.L(t)) ;
demande("stockna",t) = E27WTQC.l(t) ;

```

```

$include initiali.inc
E12WTSYLD.L(T)= E12WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E12WTDYLD.L(T)= E12WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E15WTSYLD.L(T)= E15WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E15WTDYLD.L(T)= E15WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;
SOLVE stocksensi using mcp ;
if ( (stocksensi.modelstat ne 1), control(Montecarlo)=2; );
prix("stockse",t) = E27WTPP.l(t);
stock("stockse",t) = E27WTST.l(t) ;
output("stockse",t)= E27WTQP.l(t) ;
trade("stockse",t) = (E27WTEX.l(t) - E27WTIM.L(t)) ;
demande("stockse",t) = E27WTQC.l(t) ;

```

```

$include initiali.inc
E12WTSYLD.L(T)= E12WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E12WTDYLD.L(T)= E12WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E15WTSYLD.L(T)= E15WTSYLD0(T) + log(choc(t)) ;
E15WTDYLD.L(T)= E15WTDYLD0(T) + log(choc(t)) ;
SOLVE stockprix using mcp ;
if ( (stockprix.modelstat ne 1), control(Montecarlo)=2; );
prix("stockpr",t) = E27WTPP.l(t);
stock("stockpr",t) = E27WTST.l(t) ;
output("stockpr",t)= E27WTQP.l(t) ;
trade("stockpr",t) = (E27WTEX.l(t) - E27WTIM.L(t)) ;
demande("stockpr",t) = E27WTQC.l(t) ;
);

```

Sous programme nécessaire pour l'initialisation des variables :

```

*initialisation of endogenous variables
E12WTSAH.L(T) = E12WTSAH0(T) ;
E12WTDAH.L(T) = E12WTDAH0(T) ;
E15WTSAH.L(T) = E15WTSAH0(T) ;
E15WTDAH.L(T) = E15WTDAH0(T) ;
E12WTSYLD.L(T)= E12WTSYLD0(T) ;
E12WTDYLD.L(T)= E12WTDYLD0(T) ;
E15WTSYLD.L(T)= E15WTSYLD0(T) ;
E15WTDYLD.L(T)= E15WTDYLD0(T) ;
E12WTSQP.L(T) = E12WTSQP0(T) ;
E12WTDQP.L(T) = E12WTDQP0(T) ;
E15WTSQP.L(T) = E15WTSQP0(T) ;
E15WTDQP.L(T) = E15WTDQP0(T) ;
E27WTSQP.L(T) = E27WTSQP0(T) ;
E27WTQP.L(T) = E27WTQP0(T) ;
E12WTSFO.L(T) = E12WTSFO0(T) ;
E12WTDFO.L(T) = E12WTDFO0(T) ;
E15WTSFO.L(T) = E15WTSFO0(T) ;
E15WTDFO.L(T) = E15WTDFO0(T) ;
E27WTFO.L(T) = E27WTFO0(T) ;
E12WTSFE.L(T) = E12WTSFE0(T) ;
E12WTDFE.L(T) = E12WTDFE0(T) ;
E15WTDFE.L(T) = E15WTDFE0(T) ;
E15WTSFE.L(T) = E15WTSFE0(T) ;
E27WTFE.L(T) = E27WTFE0(T) ;
E12WTSOU.L(T) = E12WTSOU0(T) ;
E12WTD0U.L(T) = E12WTD0U0(T) ;
E15WTSOU.L(T) = E15WTSOU0(T) ;
E15WTD0U.L(T) = E15WTD0U0(T) ;
E27WTOU.L(T) = E27WTOU0(T) ;
E12WTSBF.L(T) = E12WTSBF0(T) ;
E15WTSBF.L(T) = E15WTSBF0(T) ;
E27WTBF.L(T) = E27WTBF0(T) ;

```

E27WTQC.L(T) = E27WTQC0(T) ;
E27WTSIST.L(T)= E27WTSIST0(T) ;
E27WTSPRST.L(T)= E27WTSPRST0(T) ;
E27WTSST.L(T) = E27WTSST0(T) ;
E27WTST.L(T) = E27WTST0(T) ;
E27WTIM.L(T) = E27WTIM0(T) ;
E27WTEX.L(T) = E27WTEX0(T) ;
E27WTSPP.L(T) = E27WTSPP0(T) ;
E27WTDPP.L(T) = E27WTDPP0(T) ;
E12WTSPP.L(T) = E12WTSPP0(T) ;
E12WTDPP.L(T) = E12WTDPP0(T) ;
E15WTSPP.L(T) = E15WTSPP0(T) ;
E15WTDPP.L(T) = E15WTDPP0(T) ;
E12WTSRH.L(T) = E12WTSRH0(T) ;
E12WTDRH.L(T) = E12WTDRH0(T) ;
E15WTSRH.L(T) = E15WTSRH0(T) ;
E15WTDRH.L(T) = E15WTDRH0(T) ;
E27WTPP.L(T) = E27WTPP0(T) ;