



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

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

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

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

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

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

---

# Les modèles de simulation technico-économiques comme méthode d'analyse des différentes politiques agricoles

Henri-Bertrand Lefer, Hana Blaskovic

## Abstract

Facing new policy resulting from CAP reform, common management analyses, based on a complete entreprise development pattern rigidity, are mainly useless. Traditional economical tools are exposed to some limits. So, we purpose here, a methodology focusing onto linear programming associated to the plant growth simulation program Epic (Erosion Productivity Impact Calculator). Aim is to simulate productor behaviour : technical and economical adaptability facing various agricultural policy orientations. A first simulation has been drawn in cereal production farm in Beauce. Our concerns are to compare Mac Sharry reform effects with latest CAP system.

## Résumé

Face aux réorientations complètes engendrées par la réforme de la PAC, les analyses de gestion usuelles, qui se basent sur une totale rigidité du modèle de développement de l'entreprise, sont pour la plupart inadaptées. Les outils économétriques traditionnels présentant un certain nombre de limites, nous proposons ici une méthodologie axée sur la construction d'une maquette économique de programmation linéaire associée à un simulateur agronomique -Epic- pour modéliser le comportement du producteur et évaluer son potentiel d'adaptation technique et économique face à divers scénarios de politiques agricoles. Une première application à une exploitation céréalière de la Beauce, illustre l'intérêt d'une telle démarche en comparant les effets de la réforme Mac Sharry à ceux de l'ancienne Pac.

---

## Citer ce document / Cite this document :

Lefer Henri-Bertrand, Blaskovic Hana. Les modèles de simulation technico-économiques comme méthode d'analyse des différentes politiques agricoles. In: Économie rurale. N°224, 1994. pp. 45-51;

doi : <https://doi.org/10.3406/ecoru.1994.4692>

[https://www.persee.fr/doc/ecoru\\_0013-0559\\_1994\\_num\\_224\\_1\\_4692](https://www.persee.fr/doc/ecoru_0013-0559_1994_num_224_1_4692)

---

Fichier pdf généré le 08/05/2018

# Les modèles de simulation technico-économiques

comme méthode d'analyse des différentes politiques agricoles

Face à des réorientations complètes de la Politique Agricole Commune telles que la réforme Mac Sharry, les analyses de gestion usuelles, au demeurant fort utiles dans un environnement stable, sont pour la plupart inadaptées pour explorer les différentes stratégies possibles de l'entreprise. En effet, ces derniers mois, la majorité des simulations réalisées par les centres de gestion sur des cas réels d'exploitations agricoles reproduisent à l'identique les choix d'activité et des techniques utilisées sur la période passée et se contentent d'estimer l'impact sur le revenu en ne tenant compte que des variations des prix. Ce type d'exercice, intéressant sous l'hypothèse d'une totale rigidité du modèle de développement de l'entreprise, perd beaucoup de son intérêt dans le cas plus probable où différents horizons d'adaptation existent.

Les outils économétriques traditionnels présentant un certain nombre de limites, nous proposons ici une méthodologie axée sur la construction d'une maquette économique de programmation linéaire associée à un simulateur agronomique (EPIC : Erosion Productivity Impact Calculator) pour modéliser le comportement du producteur et évaluer son potentiel d'adaptation technique et économique face à divers scénarios de politiques agricoles.

Cet article s'articule en deux points. Une première partie méthodologique reprend très brièvement l'inadaptation des méthodes économétriques usuelles à l'analyse des impacts de la réforme (1), puis présente l'utilisation d'EPIC et la structure du modèle de programmation linéaire. Une seconde partie montre l'utilisation des modèles de simulation technico-économiques dans le cadre très précis, et donc limité, d'une exploitation céréalière de la Beauce.

## Choix méthodologique

### 1. Les méthodes économétriques usuelles

#### Et une voie différente

L'approche économétrique usuelle repose sur l'emploi conjugué de l'inférence statistique et de formes analytiques prédéterminées. Cette démarche consiste à utiliser un échantillon pour déterminer les paramètres d'une fonction de production dont la forme est définie par avance (COBB DOUGLAS, CES,

TRANSLOG...). L'efficacité des différentes firmes qui constituent l'échantillon est alors matérialisée par la distance qui sépare le point représentatif de l'exploitation de la courbe de la fonction de production.

Les limites liées à l'emploi des différentes formes fonctionnelles et à leur choix pour modéliser la fonction de production sont choses bien connues (2). Leur application à l'échelle de l'agriculture en ajoute d'autres, notamment de devoir passer par la théorie de la dualité et stipuler l'efficacité-coût pour pouvoir estimer les caractéristiques de ce secteur multiproduits, mais aussi la délicate estimation des contraintes de risque (agronomique et économique) et de trésorerie qui sont des données prépondérantes dans l'élaboration des revenus agricoles (Boussard, 1987).

Le recours à l'inférence statistique comme source de données pose également plusieurs types de problèmes. On en retiendra deux majeurs : d'une part, un nombre limité d'observations dans les échantillons de firmes peut empêcher l'estimation des paramètres des fonctions (car le nombre d'observations doit être supérieur à celui des paramètres) surtout dans le cas de certaines formes analytiques ; d'autre part, il est parfois difficile de garantir le caractère aléatoire de certains échantillons.

Enfin, la distance qui matérialise l'inefficacité ne comprend-elle pas une part aléatoire (erreur de pondération des facteurs, échantillon biaisé...) ? Comment mesurer cette part, quelle loi statistique retenir ?

On le voit, pour toutes ces raisons, il n'y a pas de rapports techniques purs qui puissent être mis en évidence par les fonction de production de type "économistes" (Cavallo, Mundlak, 1982).

Une voie différente consiste à estimer les fonctions de production en utilisant les modèles de programmation linéaire. Cette démarche permet de mettre en évidence que l'élasticité de substitution n'est pas une valeur constante au niveau des différents points et repose sur la construction d'une "matrice technologique" (Vicien, 1991). Dans ce contexte, nous ne raisonnons plus en termes d'efficacité relative au sein d'un échantillon, mais nous calculons, pour une exploitation agricole représentative et une région donnée, le revenu absolu optimal possible compte tenu des contraintes auxquelles l'exploitant agricole est soumis.

1. Pour plus de détails, voir Boussemart et al, 1994.

2. On en trouvera une présentation chez Boussard, 1987, p. 234.

Une des originalités de notre étude repose sur l'utilisation d'un modèle de simulation agronomique comme source de résultats techniques introduits dans nos modèles d'optimisation économique. La méthodologie que nous avons retenue est donc celle proposée par G. Flichman en 1986, qui couple l'utilisation du modèle de simulation agronomique EPIC et la construction d'un modèle économique par programmation linéaire.

## 2. Les modèles de simulation technico-économiques

### Modèles de simulation de croissance des plantes

Les modèles de simulation de croissance de plantes se sont beaucoup développés ces dernières années. D'approche purement agronomique, ces modèles tendent à retracer le comportement réel de plantes en établissant les rapports inputs/outputs à l'échelle d'une production végétale. Il existe de très nombreux modèles et leurs champs d'application sont vastes. Pour les économistes, les modèles de type "global" sont particulièrement intéressants car ils tendent à présenter la croissance des plantes dans son intégralité. Ainsi, ces modèles permettent d'obtenir différents résultats tels que les rendements ou les impacts sur le milieu pour chaque culture, en fonction des caractéristiques pédo-climatiques de la région et physiologiques de la plante, ainsi que des techniques culturales employées.

Le modèle EPIC a été mis en place à partir de 1981 par une équipe de chercheurs sous la coordination de J. Williams, A. Jones et P. Dyke de l'Agricultural Research Station de A&M University à Temple (TEXAS, USA). Déjà utilisé dans des recherches françaises et étrangères (3), ce modèle est de type récursif : les résultats de l'année  $n$  servant de base pour les simulations de l'année  $n+1$ . Cette méthode permet d'avoir une très riche représentation de l'univers technique possible en faisant varier systématiquement les paramètres associés à la fertilisation, aux façons culturales, à l'irrigation, à la rotation des cultures... Les résultats étant établis en considérant de manière systémique les interactions agronomiques entre chacun de ces facteurs. De plus, pour chaque technique simulée, certains indicateurs très significatifs du point de vue de la préservation de l'environnement sont calculés, notamment l'érosion du sol et le volume de nitrates entraînés au-delà des zones racinaires qui représente un élément essentiel dans l'étude des risques de pollution.

Cependant, EPIC, dans sa version actuelle, souffre d'une mauvaise prise en compte des effets des maladies et donc des traitements phytosanitaires sur le rendement des cultures. Le nombre très important des paramètres nécessaires pour une modélisation fine de la réalité est un obstacle supplémentaire. Enfin EPIC, même s'il fonctionne à partir des itinéraires culturaux considérés chronologiquement, n'apprécie probablement pas suffisamment les effets des pratiques individuelles du producteur dans l'obtention des résultats.

Etant données la complexité de la structure d'EPIC et les limites du modèle, la validation des rendements agricoles cal-

culés est une étape essentielle de la démarche. Cette validation repose sur la comparaison entre les courbes de fonction de production simulées et celles observées dans la réalité. Même s'il est difficile d'affirmer que les résultats calculés sont parfaitement exacts, à partir du moment où ils appartiennent à un intervalle de confiance raisonnable, ils nous donnent une base de données précieuses permettant la comparaison entre différentes techniques de production.

Du point de vue des paramètres environnementaux les résultats obtenus doivent être considérés avec prudence (même si EPIC tient compte, pour les calculer, des paramètres du sol, du climat et des techniques culturales). En effet, une comparaison avec la réalité n'est pas vraiment possible, compte tenu du peu d'informations disponibles. Les résultats obtenus par simulation ne peuvent donc être considérés quantitativement exacts, mais ils permettent d'apprécier un ordre de grandeur des niveaux potentiels de pollution et d'érosion associés à différentes techniques de production.

### Modèle de programmation linéaire

Le modèle créé (4) vise à modéliser la conduite d'une exploitation face aux différentes conditions économiques. La ferme modélisée, tirée pour l'instant de la réalité, est représentative de l'exploitation céréalière dominante de la Beauce. Il s'agit d'un modèle annuel et récursif (5).

L'hypothèse de base est que l'agriculteur maximise une utilité espérée sous certaines contraintes physiques, financières et de risque (Flichman et al, 1993).

Le modèle détermine donc le niveau optimal d'un certain nombre de variables endogènes : surfaces cultivées, structure foncière (location), travail (heures de travail disponibles sur l'exploitation, heures acquises ou cédées) matériel, travail de surveillance, variables financières (emprunts court et long termes, remboursements d'emprunts, placements, trésorerie, intérêts perçus ou payés), sous les contraintes suivantes :

- **Les précédents culturaux** : la somme de toutes les cultures sur un précédent  $p$  ne peut excéder la surface occupée par la culture l'année précédente.
- **La jachère** (15 % de la surface céréales-oléo-protéagineux pour bénéficier des aides compensatoires).
- **Les ressources en main-d'oeuvre et les disponibilités en matériel.**
- **Le crédit maximal accordé par la banque.**
- **La trésorerie** : le solde de trésorerie du mois précédent majoré des rentrées monétaires de la période et diminué des débours mensuels donne l'état de la trésorerie du mois en cours. La trésorerie du début de l'année correspond à un montant d'épargne initial égal au revenu brut (fonction objectif + amortissement) diminué des prélèvements privés minimums nécessaires à la subsistance de la famille de l'exploitant et des annuités de remboursement des emprunts de l'année précédente.
- **La structure foncière** : la SAU pour l'exercice en cours ne peut dépasser la SAU de l'exercice précédent majorée des hectares supplémentaires repris en fermage et diminuée des terres cédées en location.
- **La contrainte de risque** : la formulation retenue ici est une

3. Le modèle Epic a été utilisé dans le cadre de plusieurs recherches françaises mais aussi en Italie, Espagne, Croatie, Grande-Bretagne, Portugal, Argentine...

4. Ce travail s'intègre dans deux programmes de recherche européen (projet POLEN) et français (projet Agriculture Demain).  
5. Ce type de modèle a été développé par Flichman et Vicien (1992).

variante de la formulation Target MOTAD proposée par Tauer (1983) (cf annexe I), dans laquelle la fonction objectif, est une utilité espérée  $U$  telle que  $U = E - \Phi \lambda$  (Boussemart et al, 1994).

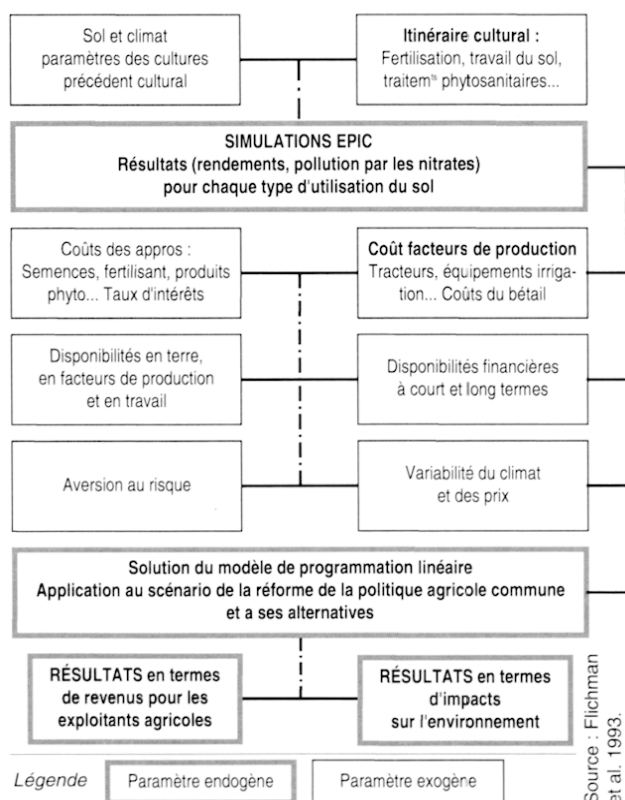
Dans la formulation adoptée,  $\lambda$  représente le niveau de risque envisagé par l'agriculteur et  $\Phi$  ou aversion au risque, le taux de substitution entre le revenu espéré ( $E$ ) et la somme des écarts négatifs ( $\lambda$ ). Dans ce modèle,  $\lambda$  est déterminé de manière endogène par le modèle,  $\Phi$  est fixé de manière exogène.

• **La positivité de certaines variables de décision** : surfaces, heures de main-d'oeuvre, de traction, de récolte, de supervision, emprunts, placements, terres louées, déviations par rapport au revenu minimal.

Les scénarios retenus comme simulations reposent sur les nouvelles règles engagées par la réforme de la PAC, notamment en termes d'évolution des prix des productions et des primes compensatoires accordées. Les résultats obtenus nous permettent d'observer non seulement comment la variation des prix et des primes influence la marge brute et dans quel sens les agriculteurs peuvent orienter leur comportement productif, mais aussi quelles conséquences peut avoir sur l'environnement le changement des techniques de production.

Le schéma 1 reprend de manière synthétique l'architecture de la maquette technico-économique utilisée et montre comment les rendements agronomiques calculés par EPIC et exprimés en fonction du précédent cultural, du sol et de la technique sont repris à l'échelle du programme linéaire pour déterminer l'emblavement optimal correspondant à la maximisation du revenu sous les différentes contraintes modélisées. De plus, le niveau de pollution associé à l'emblavement retenu permet d'analyser le résultat économique en termes d'impacts sur l'environnement.

Schéma 1. LE MODELE POLEN



Source : Filichman et al. 1993.

## Résultats obtenus

Pour illustrer notre démarche, nous avons appliqué la méthodologie précédemment décrite à la Beauce, une des régions d'Europe les plus spécialisées en céréales, aux caractéristiques naturelles d'une grande homogénéité et économique importante.

### 1. Cadre de l'expérimentation

#### Une exploitation Beauceronne

Ce test que nous présentons ici doit être considéré uniquement comme un exercice à portée restreinte sur une exploitation beauceronne de référence. Les résultats que nous obtenons sont très dépendants de l'environnement technico-financier que nous avons modélisé. Celui-ci n'ayant pas exploré l'ensemble de l'horizon d'adaptation technique possible, il est bien évident que ces résultats ne sauraient constituer une lecture complète et définitive de l'avenir.

L'exploitation retenue comme base de référence pour notre modélisation est très proche de l'exploitation beauceronne dominante : d'une surface agricole utile de 219,45 ha, cette exploitation emploie deux travailleurs permanents à temps plein, possède quatre tracteurs (180 cv, 115 cv, 90 cv, 80 cv) et une moissonneuse batteuse. Son activité est fortement centrée sur les céréales (60,5 % de la SAU), le pois représentant 24 % de la SAU, le colza 13 % et le tournesol, 3 %. L'élevage n'est pas présent dans cette exploitation. Enfin, moins de 10 % de la surface est drainée.

Les coûts fixes (y compris la charge foncière sur la SAU initiale et les amortissements des machines) sont évalués à 535 000 F. Le montant maximum de crédit à court terme supplémentaire est de 250 000 F, l'endettement initial est de 750 000 F dont 500 000 F pour les emprunts à moyen et long termes alors que l'épargne démarre à 400 000 F. Le revenu familial annuel est fixé à 144 000 F.

### 2. Modélisation agronomique de l'exploitation de référence

Quatre techniques ont été modélisées par EPIC pour décrire l'horizon technique d'adaptation.

Les tableaux 1, 2 et 3 récapitulent ces techniques et les rendements correspondants.

Tableau 1. Récapitulatif des doses d'engrais appliquées pour les différentes techniques. Kg/ha

	Technique 4		Technique 3		Technique 2		Technique 1	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Blé	220	70	180	70	160	70	140	70
Orge d'hiver	-	-	110	70	90	70	-	-
Mais *	200	40	150	30	150	40	115	40
Tournesol	-	-	80	60	60	50	-	-
Pois	-	-	0	47	0	47	-	-
Colza	200	47	180	47	160	47	-	-

\* Les techniques 4 et 3 sont irriguées pour le maïs

**Tableau 2. Récapitulatif des dépenses en semences et produits de traitements. F/ha**

	Technique 4		Technique 3		Technique 2		Technique 1	
	Semis	Traitm'	Semis	Traitm'	Semis	Traitm'	Semis	Traitm'
Blé	286,7	1 127,4	286,7	1 127,4	182,1	818,8	182,1	818,8
Orge d'hiver	-	-	357,6	1 452,1	222,7	696,7	-	-
Maïs	670	275,5	670	275,5	429,1	275,5	429,1	275,5
Tournesol	-	-	703	553,9	449,9	553,9	-	-
Pois	-	-	473,2	1 027	473,2	790,8	-	-
Colza	258	889,9	258	889,9	165,1	787	-	-

**Tableau 3. Monocultures : récapitulatif sur 5 ans des rendements moyens. Q/ha**

	Technique 4	Technique 3	Technique 2	Technique 1
Blé	91	89,6	83	78,4
Orge d'hiver	-	69,4	58	-
Maïs	98,8	94,6	65,8	64
Tournesol	-	34	26	-
Pois	-	64,4	60,4	-
Colza	36,2	36	33,4	-

### 3. Les résultats

Les simulations couvrent six années (deux avant la réforme, quatre ans après). Les résultats obtenus sont établis dans le cadre d'une SAU bloquée à sa valeur d'origine en laissant libre le recours aux services de matériel et de main-d'oeuvre.

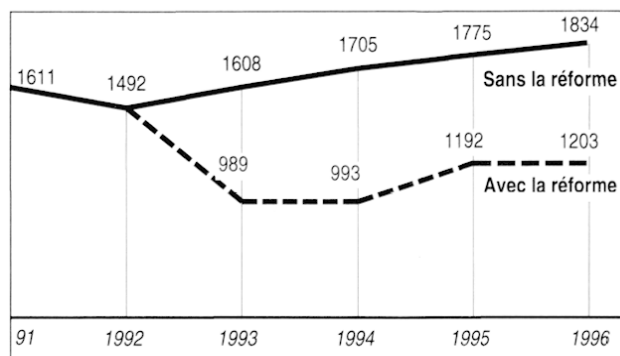
Différents scénarios d'aversion au risque ont été testés. Les résultats qui sont présentés ici correspondent à un coefficient de  $\phi$  0,5. L'application de la double méthodologie à l'exploitation modélisée montre que :

- Les revenus à l'hectare devraient décroître suite à l'adoption de la réforme de la PAC de près de 30 % pour se stabiliser ensuite autour de 1 000 F/ha et augmenter à nouveau à partir de 1995, avec la structure de prix modélisée ici (graphique 1). Dans la réalité, on observe en moyenne, sur le plan national, une hausse du revenu à l'hectare entre 1992 et 1993 pour les classes d'OTEX céréales grandes cultures. Ces résultats, en contradiction avec le modèle s'expliquent par le fait qu'en 1993, les prix de vente des récoltes se sont situés au-delà des prix espérés (ceux-là même qui ont servi de base de calcul dans la modélisation). Dans ces conditions le modèle donne logiquement des résultats inférieurs à ceux obtenus dans la réalité puisque dans la récursivité ont été repris comme condition initiale de l'année n (trésorerie, épargne, revenu) les résultats de l'année n-1 calculés à partir des prix et primes anticipés et non pas réels. Dans les prochaines simulations envisagées cette divergence sera corrigée en introduisant dans la récursivité les prix et les primes effectivement obtenus par l'agriculteur.

Si l'on applique les prix réellement touchés aux cultures de l'emblavement obtenu en 1993 (blé tendre : 144,41 ha, maïs : 42,12 ha et jachère 32,92 ha), le revenu est corrigé selon les chiffres du tableau 4.

### REVENU

**Graphique 1. Evolution du revenu. F/ha**



**Tableau 4. Evolution du revenu selon les prix de vente du blé et du maïs**

	Modèle initial	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3
Prix de vente 93*				
• Maïs	85	88	88	88
• Blé	85	86	94	101
<b>Revenu 93/ha</b>	<b>989</b>	<b>1 104</b>	<b>1 577</b>	<b>1 992</b>
Ecart 92-93	- 33 %	- 26 %	+ 6 %	+ 33 %

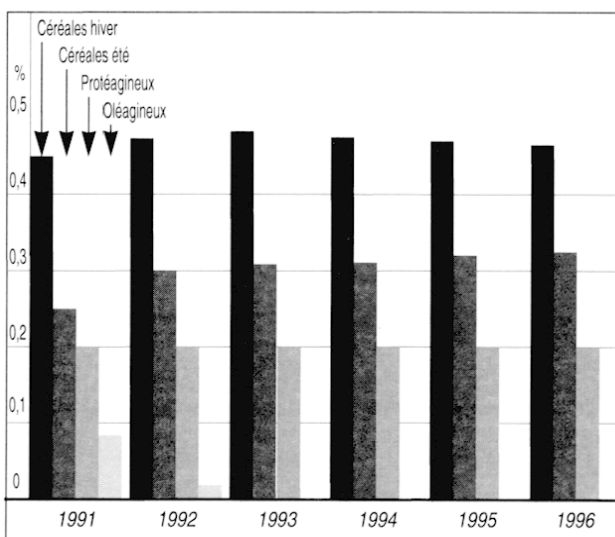
\* Le prix réellement touché pour le maïs en 1993 est de 88 F/q et de 86 à 101 F/q pour le blé tendre.

Ce tableau montre qu'effectivement avec un prix de vente du quintal de maïs supérieur de 3 F et du quintal de blé de 9 F, le revenu de 1993 est supérieur de 6 % au revenu de 1992. Une différence de 3 F pour le maïs et de 7,6 F pour le blé suffisent pour obtenir en 1993 un revenu équivalent à celui de 1992.

- Du point de vue de l'emblavement, la réforme, outre qu'elle entraîne le gel de 15 % de la surface en céréales et oléo-protéagineux, devrait renforcer la spécialisation de la Beauce en céréales d'hiver, notamment en blé tendre au détriment des pois protéagineux qui disparaissent, et dans une moindre mesure, du maïs (cf. graphiques 2 et 3). Le tableau 5 compare les résultats du modèle et ceux de la réalité pour les années 1992 et 1993.

### EMBLAVEMENT

**Graphique 2. Évolution des cultures sans la réforme**



Graphique 4. Évolution des cultures avec la réforme

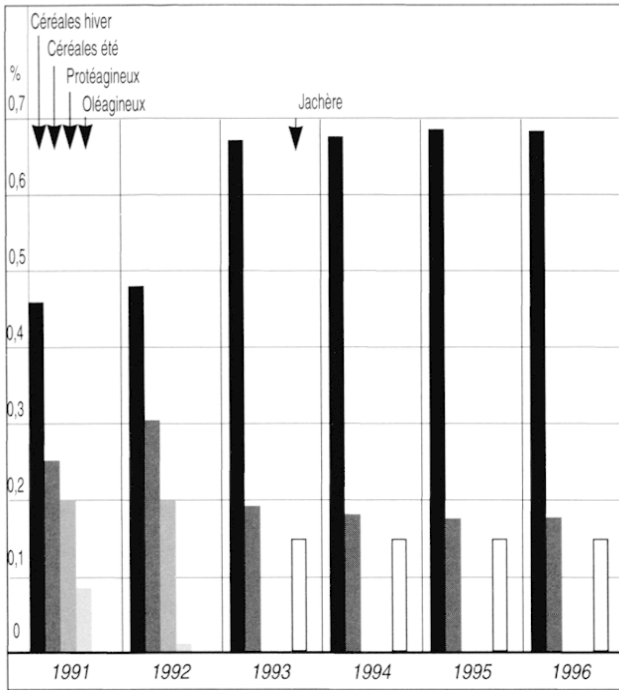


Tableau 5. Comparaison de l'évolution de l'emblavement entre 1992 et 1993

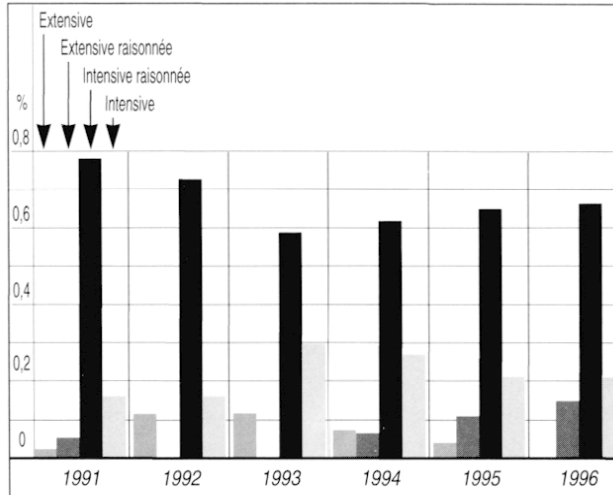
% de la SAU	Données réelles Eure et Loir			Résultats modèle Beauce		
	1992	1993	Écart 92-93	1992	1993	Écart 92-93
Blé	51,5	57,4	+ 10,3	47,8	65,8	+38
Orge	16,5	16,8	+ 0,9	0	0	0
Maïs	9,4	5,1	-46,8	30,5	19	-37
Colza	5	4	-21,3	0	0	0
Tournesol	2,4	0,5	-78,8	1,7	0	-100
Pois	15,2	16,3	+ 6	20	0	-100
Céréales	77,4	79,2	+ 1,3	78,3	100	+ 8,6
Oléagineux	7,3	4,5	-39,8	1,7	0	-100

• Concernant les techniques culturales, la réforme devrait favoriser le recours à des techniques moins intensives (passage de techniques intensives raisonnées à des techniques extensives raisonnées (cf. graphiques 4 et 5). Cette évolution a pour conséquence directe, la diminution des pertes totales en nitrates après l'adoption de la réforme de la PAC (graphique 6).

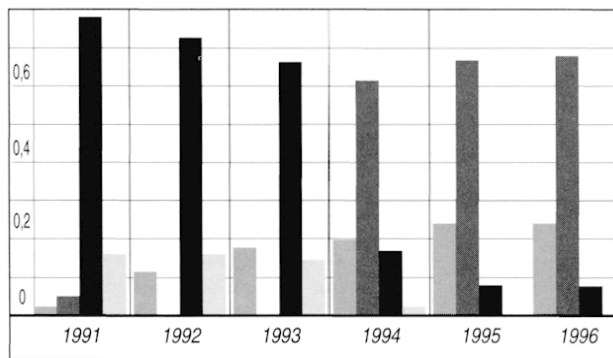
• Enfin, il semble que la réforme ait pour conséquence une diminution de la part des surfaces irriguées (graphique 7).

## ÉVOLUTION DES TECHNIQUES

Graphique 4. Sans la réforme

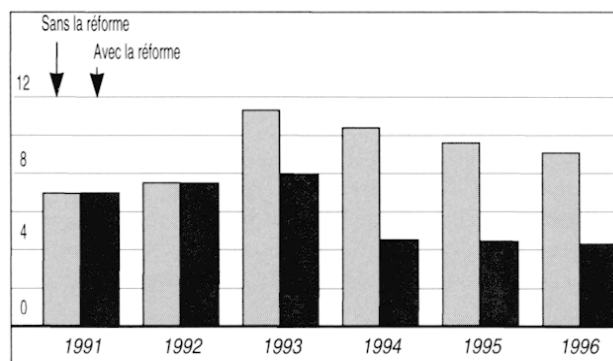


Graphique 5. Avec la réforme



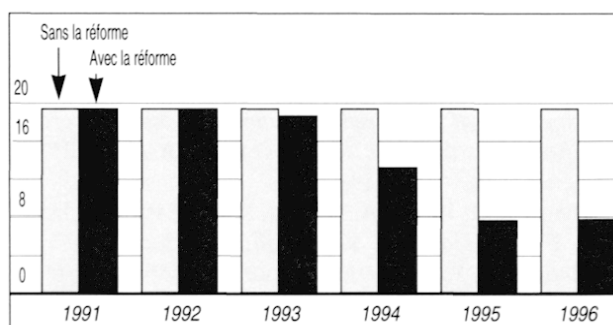
## NITRATES

Graphique 6. Perte de nitrates. Kg/ha



## IRRIGATION

Graphique 7. Évolution des surfaces irriguées. % de la SAU



## Conclusion

En comparaison de la démarche économétrique usuelle, basée sur l'inférence statistique et les fonctions de production paramétriques, les modèles de simulation technico-économiques représentent une approche différente. Cette méthodologie, qui couple l'emploi d'un modèle de simulation agronomique à un modèle d'optimisation économique, consiste à reproduire l'environnement technico-économique de firmes représentatives et d'évaluer l'évolution des résultats économiques en fonction de scénarios probables de politiques agricoles.

L'emploi d'une telle méthodologie bute sur le nombre très important de paramètres nécessaires pour une modélisation fine de la réalité. Notamment, la bonne représentation des potentialités agronomiques d'une région donnée peut demander un investissement conséquent en temps de collecte de données. D'autre part, cette procédure aboutit à la modélisation de situations particulières et non générales. Les résultats obtenus ne peuvent, en fait, être séparés de

l'environnement agricole spécifique (région, pratiques culturales, structure économique et financière,...) dont ils sont issus.

Cependant, les modèles de simulation technico-économiques présentent le grand avantage de ne pas bâtir leurs résultats à partir d'une extrapolation du passé. Cette méthodologie est, par conséquent, appropriée à l'analyse de la réforme de la PAC, car celle-ci va engendrer un cadre économique inconnu jusqu'à présent.

Une première illustration sur une exploitation beauceronne montre que les effets prévisibles de la réforme de la PAC au niveau micro-économique sont le renforcement de la spécialisation céréalière, le recours à des techniques de production moins intensives et la baisse du revenu dans un premier temps et son augmentation ensuite.

Henri-Bertrand LEFER, *Conseils et recherches en économie agricole et agro-alimentaire*, LABORES-ISA, Lille.

Hana BLASKOVIC, *CIHEAM*, Institut de Montpellier.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Boussard JM. *Economie de l'agriculture*. Economica, 1987, Paris, p. 310.
- Boussard J.M. Daudin JJ. *La programmation linéaire dans les modèles de production*. Masson-INRA, 1988, Paris, p. 127.
- Boussard JM, Jacquet F, Flichman G. *Projet : Les comparaisons internationales d'efficacité en agriculture*. Convention d'étude CIHEAM-Ministère de l'Agriculture-CNRS-Commissariat Général au Plan-INRA, 1987.
- Boussard JM, Boussemart J-Ph, Flichman G, Jacquet F, Lefer HB. *Analyse des impacts socio-économiques de différentes politiques agricoles dans certaines régions françaises*. Compétitivité et protection de l'environnement, Programme Agriculture Demain (n°92G0364). Rapport intermédiaire, 1994.
- Boussemart J-Ph, Flichman G, Jacquet F, Lefer HB. *L'évaluation micro-économique de la réforme de la PAC par un modèle bio-économique. Une illustration sur la Beauce et la région de Toulouse*. Communication aux 11<sup>èmes</sup> journées de micro-économie appliquée, GREQAM, Marseille, 2 et 3 juin 1994.
- Boussemart J-Ph. *Production, capital, endettement et productivité de l'Agriculture française*. Thèse de doctorat en Sciences Economiques, 1988, Université de Paris I, Panthéon-Sorbonne, p 340.
- Cabelguenne M., Dyke PT. *Simulation of French cropping systems with EPIC*. American Society of Agronomy, 1989, Las Vegas.
- Cabelguenne M, Jones CA, Marty JR, Quinones H. *Using the EPIC model for the study of cropping systems- Comparison of measured and simulated data of 5 crops managed at different input levels*. In *Agricoltura Mediterranea*, vol 120, 1989.
- Cabelguenne M, Jones CA, Marty J. R, Dyke P. T, Williams JR. *Calibration and Validation of EPIC for Crop Rotations in Southern France*. In *Agricultural Systems* 33, 1990, p. 153-171
- Cabelguenne M, Charpentreau JL, Jones C. A, Marty JR, Rellier JP. *Conduite des systèmes de grande culture en prévision des rendements : tentative de modélisation*. Compte-rendu de l'Académie d'agriculture française, 1986, 72, pp. 125-132.
- Cavallo D, Mundlak Y. *Agriculture and Economic Growth in an open economy : the case of Argentina*. In *Research Report n° 36*, International Food Policy Research Institute, 1982, Washington D.C., p. 162.
- Charnes A, Cooper W, Rhodes E. *Measuring the efficiency of decision making units*. In *European Journal of Operational Research*, 1978, n° 2, pp. 429-444.
- Day RH. *Recursive programming and supply prediction*. In *Agricultural Supply Functions : estimating techniques and interpretations*. Heady, Baker et al, (eds) Iowa State University Press, 1961, p. 108.
- Deybe D, Flichman G, Vicien C. *Is extensive production possible ?* In Brossier J. (ed) *Agriculture Methods and socio-economic criteria for the analysis and the prevision of land use and land evaluation*. Office for official Publications of the European Communities Luxembourg, 1990, p. 49.
- Deybe D, Flichman G. *A Regional Agricultural Model Using a Plant Growth Simulation Program as Activities Generator*. In *Agricultural Systems*, 1991, p.12
- Faudry D. *Difficultés d'estimation de la fonction de production micro-économique en agriculture*. In *Economies et Sociétés*, 1974, vol 8, n° 5, p. 701.
- Flichman G. *Type d'exploitation agricole, alternatives productives et compétitivité*. Communication présentée au colloque "Diversification des modèles de développement rural : questions et méthodes". Ministère de la Recherche et de la Technologie, 1986, Paris.

- Flichman G. *Les comparaisons internationales d'efficacité en agriculture. Indicateurs dérivés des modèles agronomiques*. Rapport Final de la Convention d'étude CIHEAM-Ministère de l'Agriculture-CNRS-Commissariat général du Plan-INRA, 1989, p. 53.
- Flichman G, Vicien C. *Analyse des possibilités d'expansion de l'offre de céréales en Argentine*. Document de travail CIHEAM-IAM, 1992, Montpellier.
- Flichman G, Jacquet F, Blaskovic H. *Economic and environmental impacts of Common Agricultural Policy reform: grain production in South West France*. Poster paper présenté au VII<sup>e</sup> congrès de l'AEEA, Stresa, Italy, 1993.
- Freund RJ. *The introduction of risk into a programming model*. In *Econometrica* 24, 1956, p. 253.
- Hazell PBR, Norton RD. *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. Macmillan Publishing Company, 1986, p. 400.
- Jacquet F. *La réforme de 1992, un tournant dans l'histoire de la Politique Agricole Commune*. In DEMETER 1993, Economie et Stratégies Agricoles, A. Colin, p. 15-73.
- Jones A. *TAS NOTES*. Texas Agricultural Experiment Station, Temple, 1988, p. 1-6.
- Just RE, Pope RD. *Production Function Estimation and Related Risk Considerations*. In *American Journal of Agricultural Economics*, vol 61, 1979, p. 276.
- King GA, Wohlgenant MK., Weaver RD., Chalfant JA, Pope RD. *Estimating Functional Forms with Special References to Agriculture*. In *American Journal of Agricultural Economics*, vol 66, n° 2, 1984, p. 221.
- Levhari D, Sheshinski E. *A Microeconomic Production Function*. In *Econometrica*, 1970, vol. 38, n° 3, p. 559.
- Lowenberg-Deboer J, Chenery JH. *Biophysical Simulation for Evaluating New Crops : The Case of Switchgrass for Biomass Energy Feedstock*. In *Agricultural Experiment Station, Perdue University, West Lafayette*, 1987, p. 18.
- Marty JR, Hutter W, Rellier JP. *Projet de programme de recherches expérimentales sur l'optimisation des intrants dans des rotations avec céréales et oléoprotéagineux avec ou sans irrigation*. Optimisation des intrants dans un système de culture. Séminaire CEE, AGRIMED, Toulouse, janv. 1981, p. 119.
- Meynard JM. *Conception d'itinéraires techniques : savoir s'adapter à des objectifs de production diversifiés*. Colloque : Ecophysiologie du blé, outil de maîtrise dans la production. 1989, Versailles, p. 18.
- Mundlak Y, Hellinghausen R. *The Intercountry Agricultural Production Function : Another View*. In *American Journal of Agricultural Economics*, 1982, vol 64, p. 664.
- Putman J, Dyke P. *The Erosion Productivity Impact Calculator as formulated for the Resource Conservation Act Appraisal*. U.S. Department of Agriculture, Natural Resource Economics Division, Economic Research Service, 1987, New York, p. 39.
- Stevenson RE. *Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation*. *Journal of Econometrics*, 13, n° 1, 1980, p 57.
- Tauer LW. *Target MOTAD*. *American Journal of Agricultural Economics* 65, 606, 1983.
- Teulon F. *La Politique Agricole Commune*. Que sais-je, Ed. PUF, 1991, p. 122.
- Thiry B, Tulkens H. *Productivité, efficacité et progrès technique, notions et mesures dans l'analyse économique*. In *L'efficacité économique, rapport préparatoire du 8<sup>e</sup> congrès des économistes belges de langue française, commission 5*, 1988, p. 17.
- Vermersch D, Boussemart JP, Dervaux B, Piot I. *Réforme de la PAC et comportements des producteurs : évolution des rendements céréaliers entre inefficacité technique et prix-efficacité*. *Economie et Sociologie Rurales, INRA, Rennes*, 1992, p. 105.
- Vicien C. *Les modèles de simulation comme fonctions de production*. *Economie Rurale*, n° 204, 1991, p. 46.
- Williams JR, Jones CA, Dyke PT. *The EPIC model and its applications*. In *Proceedings of International Symposium on Minimum Data Sets for Agrotechnology Transfer, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru*, 1984, p. 111.
- Williams JR, Dyke PT, Fuchs WW, Benson VW, Rice OW, Taylor ED. *EPIC: Erosion Productivity Impact Calculator*. User Manuals. USDA, 2, 1990, p. 1-13.

### Annexe 1. Le modèle Target MOTAD proposé par Tauer en 1983

$$\max E = \sum_j \bar{C}_j X_j$$

avec

$\bar{C}_j$  revenu espéré par activité

$X_j$  niveau de l'activité j

sous l'ensemble des contraintes techniques et financières du modèle et sous les contraintes de risque suivantes :

$$Y_0 - \sum_j \bar{C}_j X_j - Z_t^- \leq 0$$

$$\sum_t p_t Z_t^- = \lambda$$

où :

$Y_0$  est le revenu minimum que se fixe l'agriculteur,  
 t l'état de la nature aléatoire (défini ici par la variabilité des rendements des cultures, et d'anticipations sur la variabilité des prix et des primes),

$Z_t^-$  l'écart négatif au revenu minimum de l'état de la nature t,

$p_t$  la probabilité d'occurrence de l'état de la nature t,

$\lambda$  la somme des déviations.