



**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.*

## Changements de pratiques et possibilités de réduire l'usage des pesticides

### Une analyse sur le secteur des grandes cultures en France

*En 2008, à l'occasion du Grenelle de l'environnement, la France s'est fixée un objectif de réduction de l'usage des pesticides de moitié en dix ans. Afin de répondre à la question des pouvoirs publics sur la possibilité de réduire l'utilisation des pesticides dans l'agriculture française et d'atteindre l'objectif fixé par le Grenelle de l'environnement, l'INRA et les ministères de l'Agriculture et de l'Ecologie ont mis en place le projet ECOPHYTO R&D. Nous présentons ici les résultats d'un travail réalisé dans le cadre de cette étude.*

*Une réduction significative de l'usage des pesticides suppose des changements profonds dans les pratiques agricoles. Dans le but d'analyser les effets de tels changements sur le secteur français des grandes cultures qui représente 68 % de l'utilisation des pesticides en France, un modèle de programmation mathématique a été construit. Il permet d'étudier les combinaisons de techniques agricoles qui permettraient d'atteindre différents niveaux de réduction de l'usage de pesticides et d'évaluer l'impact que ces changements pourraient avoir sur le revenu et la production agricole. Les résultats montrent que l'objectif d'une réduction de l'usage des pesticides de 30 % pourrait être atteint, avec un changement dans les techniques utilisées et sans baisse de production importante ni de marge (aux prix de 2006). En revanche, l'objectif de 50 % conduit à des baisses de production plus importantes et nécessite la montée en puissance de systèmes encore peu développés aujourd'hui, comme la production intégrée et l'agriculture biologique.*

#### Une approche intégrant les connaissances disponibles sur les technologies alternatives dans un modèle économique

Les pesticides ne sont pas un facteur de production direct (tel que l'eau ou l'azote) mais interviennent indirectement sur le niveau de production en évitant des pertes de production liées aux aléas du climat et des bio-agresseurs. La reconnaissance de cette particularité des pesticides, comme input réduisant les dommages, a été à l'origine de nombreux travaux d'économistes visant à spécifier les effets des intrants agricoles dans les fonctions de production. Cependant, les modèles économétriques qui intègrent cette dimension utilisent des fonctions de production et/ou des systèmes de fonctions de demande d'intrants et d'offre de produits en faisant l'hypothèse que les agriculteurs utilisent une technologie de production unique. Ceci constitue une limite forte de ce type de modèles pour étudier les possibilités de réduction de l'usage de pesticides grâce à l'évolution des technologies utilisées (Carpentier 2010). Les modèles basés sur la programmation mathématique constituent dans ce cas une approche alternative, puisqu'ils permettent de prendre en

compte différentes technologies y compris des technologies qui ne sont pas encore adoptées, et de simuler les effets de changement de contexte économique de grande ampleur sur les choix de production et de techniques. Jusqu'à présent, des approches de ce type ont été menées pour analyser l'adoption de nouvelles techniques au niveau de l'exploitation agricole ou d'espaces régionaux réduits. L'originalité de ce travail est d'appliquer ce type de modélisation à l'ensemble de la ferme « France » pour le secteur des grandes cultures. La principale difficulté a été de mobiliser et de synthétiser les connaissances sur les technologies permettant une réduction de l'usage des pesticides, à partir de sources hétérogènes (données d'expérimentation agronomiques, réseaux de fermes de références, connaissances d'experts, etc.) La construction de références pour les techniques actuellement utilisées par les agriculteurs ainsi que pour des techniques encore au stade expérimental s'est faite à dire d'experts. Les données ont été agrégées au niveau de la France sur la base des données du Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA) et de l'« Enquête sur les pratiques culturales des agriculteurs en grandes cultures » réalisée par le service de la statistique et de la prospective du ministère chargé de l'agriculture.

## Un état des lieux de l'utilisation des pesticides en France dans les grandes cultures et des technologies existantes ou potentielles

Un état des lieux de l'utilisation des pesticides par culture et par région a été réalisé grâce aux données conjointes de l'Enquête « Pratiques Culturelles » et du RICA. Quatorze cultures ou groupes de culture ont été définies couvrant l'ensemble de l'assolement français. Un découpage régional propre a été défini pour chaque culture et les données ont ensuite été ré-agrégées en huit régions. Pour chaque culture et chaque région ont été calculés une pression phytosanitaire représentée par l'indicateur de fréquence de traitement (IFT), un rendement et une marge brute par hectare (établie à partir du prix du produit et des charges par hectare en semences, engrais, produits phytosanitaires et carburant) ainsi que d'autres indicateurs d'impact potentiel sur l'environnement (consommation énergétique, bilan azoté).

Cinq technologies, des plus exigeantes en pesticides (agriculture intensive T0) à celles n'utilisant aucun produit de synthèse (agriculture biologique T4), ont été définies par culture et par région. La technique T0 correspond à des pratiques observées (sur les 30 % des parcelles utilisant, pour une production donnée, le plus de pesticides), les techniques T1 à T4 ont été élaborées à dire d'experts à partir de sources d'informations multiples : connaissances scientifiques, enquêtes, réseaux de fermes, résultats d'expérimentation. Les différentes technologies sont les suivantes :

- T0 : agriculture intensive. Sous-population des 30 % de parcelles ayant les pratiques les plus consommatrices de pesticides.
- T1 : agriculture raisonnée. Raisonnement de chaque intervention sur la base d'observations et déclenchement des traitements sur la base de seuils.
- T2 : agriculture à bas niveau d'utilisation de pesticides. Mise en œuvre sur une culture d'une stratégie s'appuyant sur une combinaison cohérente de méthodes de lutte agronomique non chimique et de moyens chimiques afin de limiter le recours aux pesticides. Le « blé rustique » constitue un exemple de cette stratégie.
- T3 : agriculture intégrée. Aux techniques précédentes s'ajoutent des choix sur les cultures entrant dans les successions culturales et l'adoption de rotations à cycles longs qui permettent d'éviter certaines agressions biologiques.
- T4 : agriculture biologique.

Hormis pour la technique intensive (par construction) et pour l'agriculture biologique qui représente 1 % de la production de grandes cultures françaises, il n'est pas possible de quantifier exactement le poids actuel de ces différentes technologies dans la production française, même si les agriculteurs pratiquent des techniques qui s'en rapprochent.

La première étape a consisté à comparer entre elles les performances des différentes technologies. Les performances par culture et par région ont été agrégées au niveau de la France entière en utilisant les assolements par région observés en 2006 dans les données du RICA. Plusieurs limites du travail doivent être soulignées à ce stade : les technologies relatives à l'agriculture intégrée (T3) et à l'agriculture biologique (T4) sont construites à partir de données relativement fragiles ; les prix sont exogènes et ne tiennent pas compte de l'effet que pourrait avoir par exemple une baisse de production sur les prix agricoles ; enfin, les résultats s'appuient principalement sur l'année 2006. Le tableau 1 présente les principaux résultats obtenus.

Plusieurs constatations peuvent être faites :

- Les meilleures marges sont obtenues, en moyenne, par l'agriculture raisonnée (T1). Par rapport à l'agriculture intensive (T0), elle permet pour un rendement équivalent, une économie de charges liée à une moindre utilisation d'intrants.

Tableau 1 : Résultats au prix de 2006 des différentes techniques, pour la France entière, secteur grandes cultures

	IFT	Production €/ha	Marge Brute €/ha
Niveau actuel	3,8	891	482
T0	5,4	933	455
T1	4,0	917	498
T2	2,5	834	480
T3	1,9	785	460
T4 prix agriculture biologique	0,2	581	341
T4 prix autres produits	0,2	651	272

Source : Jacquet et al., 2011.

- Au prix de 2006, la différence de marges entre l'agriculture raisonnée (T1) et l'agriculture à bas niveau d'intrants (T2) est relativement faible (cela ne serait pas le cas avec des prix de 2007).
- Le produit par hectare diminue dans l'agriculture intégrée (T3) par rapport aux groupes précédents non pas suite à une baisse du rendement mais à la nécessité d'introduire, dans les systèmes, des cultures jusqu'à présent difficilement valorisables (pois, luzerne, sorgho).
- Les marges brutes sont faibles dans l'agriculture biologique (T4) même lorsqu'on prend en compte les prix plus élevés des produits d'agriculture biologique (avant-dernière ligne du tableau 1).

Cette première approche qui suppose que l'ensemble de la production française de grandes cultures est conduite avec une technologie ou une autre a pour inconvénient de ne pas tenir compte des différences de performances de telle ou telle technique selon les cultures et selon les conditions pédoclimatiques régionales. Elle ne répond que partiellement à la question des possibilités d'atteindre ou non les objectifs de réduction de l'usage de pesticides fixés par les pouvoirs publics.

## Un modèle de programmation mathématique pour simuler les changements de techniques

Dans une seconde étape, un modèle a donc été construit sur la France entière désagrégée en huit régions. Construit en programmation mathématique, le modèle maximise la marge brute par région sous des contraintes de terre et d'assolement. Il permet de déterminer les choix de techniques, par culture et par région, permettant d'atteindre des niveaux attendus de réduction de pesticides, puis de simuler l'impact de mesures d'incitations économiques comme la taxation des pesticides ou les subventions aux techniques utilisant peu de pesticides.

L'attention étant portée sur les changements de techniques, le modèle traite la question des changements dans les assolements uniquement lorsqu'ils sont un des aspects des technologies étudiées. Comme les technologies T1 et T2 n'exigent pas de modification dans les rotations de cultures par rapport à la technique intensive T0, on maintient la surface des différentes cultures, pour ces technologies, identique à celle observée en 2006. En revanche, pour les technologies T3 et T4 qui reposent sur des changements dans l'itinéraire technique et dans les rotations de cultures (donc dans les assolements), ces modifications sont prises en compte dans le modèle. Le modèle donne les superficies cultivées dans chaque culture-technique par région et donc permet d'indiquer par région et au niveau France, le poids des techniques, les assolements, la production et les marges.

Le premier résultat obtenu est que la situation optimisée par le modèle s'écarte de la situation observée. Sur la base des prix de 2006, le modèle donne une solution dans laquelle les surfaces consacrées aux techniques intensives (T0) ne représentent plus que 6 % des superficies alors qu'elles représentent par

construction 30 % des surfaces dans les données observées (voir tableau 2). La pression phytosanitaire (IFT) baisse de 9 % par rapport à la situation initiale, malgré une progression de la production totale de 1 % et une hausse des marges de 26 euros par hectare (+ 5 %).

**Tableau 2 : Comparaison résultats du modèle et situation observée (prix 2006)**

	Situation observée	Résultats du modèle
IFT	<b>3.79</b>	<b>3.44</b>
Production (€/ha)	891	900
Marge Brute (€/ha)	485	511
% de la superficie cultivée		
T0	30 %	6 %
T1		59 %
T2		36 %
T3		
T4	1 %	

Note : Les poids actuels des techniques autres que T0 et T4 ne sont pas connus. Les résultats du modèle ne peuvent donc pas être comparés à la situation observée sur ce point.

Source : Jacquet et al. 2011

Ces résultats s'expliquent d'abord par le fait que les marges obtenues par l'agriculture intensive (T0) sont pour la plupart des cultures plus faibles que celles de l'agriculture raisonnée (T1). En effet, les techniques d'agriculture raisonnée permettent le plus souvent un maintien du rendement avec une moindre quantité d'intrants utilisés. Ce résultat ne serait donc pas modifié dans un contexte où les prix agricoles seraient plus élevés que ceux de 2006. Par ailleurs, dans la solution du modèle, le poids de l'agriculture raisonnée (T1) est de 59 % et celui des techniques à bas niveau d'intrants (T2) de 36 %. L'intérêt économique relatif d'une technique réduisant les d'intrants (T2) par rapport à l'agriculture raisonnée (T1) dépend largement des prix des produits agricoles, la réduction des quantités d'intrants s'accompagnant le plus souvent par une baisse des rendements agricoles obtenus. La proportion respective des techniques T1 et T2 dans la solution du modèle dépend ainsi des prix relatifs entre produits agricoles et intrants.

Cet écart entre la solution du modèle et la situation observée conduit ainsi à se demander pourquoi les techniques économes en intrants (T1 et T2) ne sont pas plus largement adoptées par les agriculteurs. Les travaux en micro-économie et en sociologie qui sont menés sur ces aspects permettent d'avancer plusieurs ensembles d'hypothèses. Certaines sont relatives aux préférences individuelles des agriculteurs, en particulier à leur aversion au risque ; d'autres, aux apprentissages et à la formation (coûts non monétaires liées à l'adoption de nouvelles techniques) ; d'autres enfin, au rôle de l'encadrement et du conseil auxquels ont accès les agriculteurs ; des travaux analysent en particulier celui fourni par les firmes de produits phytosanitaires. L'introduction de ces hypothèses dans le modèle permettrait de mieux représenter les déterminants de l'adoption de nouvelles technologies par les agriculteurs.

**Tableau 3 : Effets sur les marges et les volumes de production d'une combinaison des techniques permettant une réduction progressive de l'IFT.**

	Situation		Taux de réduction de l'emploi de pesticides				
	Observée	Optimisée	-10 %	-20 %	-30 %	-40 %	-50 %
<b>Au prix de 2006</b>							
IFT	100	91	90	80	70	60	50
Production	100	101,0	100,8	99,1	96,0	92,5	87,7
Marge	100	105,3	105,3	105,2	103,7	100,3	95,4

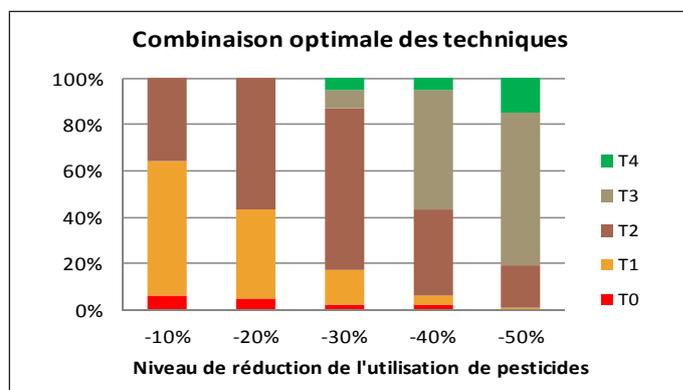
Source: Jacquet et al 2011.

## Quelle combinaison de techniques permettrait d'atteindre les objectifs de réduction des pesticides fixés au niveau de la France ?

Une première utilisation possible du modèle consiste à introduire progressivement une contrainte sur le niveau souhaité de réduction dans l'utilisation des pesticides jusqu'à atteindre l'objectif de 50 %. Le résultat donne alors, pour chaque niveau, la combinaison optimale des techniques correspondant à des choix différents selon les régions et les cultures.

Cet exercice montre que jusqu'à 30 % de réduction, une substitution entre la technique de production à bas intrants (T2) et l'agriculture raisonnée (T1) suffit à atteindre l'objectif. Au-delà de ce seuil, il est nécessaire d'avoir une montée en puissance de l'agriculture intégrée (T3) et de l'agriculture biologique (T4) dont les poids doivent atteindre respectivement 68 % et 13 % pour réaliser l'objectif d'une réduction de moitié de l'utilisation des pesticides (voir figure 1). Pour un objectif de réduction de 20 %, le niveau actuel de la production se maintient presque. Il baisse par contre de 12 % lorsque les pesticides sont réduits de moitié. Les marges se maintiennent mieux et baissent de 5 % pour l'objectif de 50 % (voir tableau 3).

**Figure 1 Combinaisons entre technologies permettant d'atteindre différents niveaux de réduction de l'utilisation des pesticides dans les grandes cultures en France**



Source : Jacquet et al. 2011

## Quelles incitations économiques : taxe et/ou subventions ?

Une seconde utilisation du modèle consiste à induire une substitution entre techniques par l'introduction d'une taxe aux pesticides qui joue en modifiant leurs prix et/ ou d'une subvention aux technologies permettant de réduire l'usage des pesticides.

Dans un système de taxation, les recettes de la taxe peuvent être entièrement redistribuées aux agriculteurs de manière forfaitaire (au prorata des hectares cultivés). Compte tenu du faible poids de la valeur des pesticides par rapport à celle du produit, le niveau de taxation donné par le modèle s'avère très élevé : il est de 100 % pour atteindre une réduction de l'utilisation des pesticides de 30 % et de 180 % pour un objectif de 50 % (voir tableau 4). Les marges dégagées par les différentes techniques sont inégalement affectées par ce système. Ainsi l'agriculture biologique est indirectement subventionnée puisqu'elle ne paie pas de taxe mais profite de la redistribution.

Les résultats globaux en termes de niveaux de production, de marge brute moyenne nationale et de répartition des surfaces

**Tableau 4 Effet d'un système de taxation avec redistribution forfaitaire des recettes de la taxe**

	Situation		Taux de réduction de l'emploi de pesticides				
	Observée	Optimisée	-10 %	-20 %	-30 %	-40 %	-50 %
Taux de taxe	0 %	0 %	0 %	16 %	101 %	138 %	182 %
Production	100	101.0	101.0	99.2	95.8	92.7	88.2
Marge avant redistribution	100	105.3	105.3	101.7	84.2	77.4	70.6
Marge après redistribution	100	105.3	105.3	105.2	103.4	100.1	95.0

Source : Jacquet et al. (2011)

entre les différentes technologies sont presque équivalents à ceux présentés précédemment. Par exemple, pour un objectif de 50 %, la marge brute par hectare baisse de 30 % avant redistribution mais elle retrouve le même niveau (-5 %) que dans l'exercice précédent après redistribution. La neutralité de ce système sur les résultats globaux doit être relativisée par l'absence de prise en compte du coût de gestion de la taxation.

L'objectif de porter à 20 % le poids de l'agriculture biologique dans l'agriculture française était également un des objectifs du Grenelle de l'environnement. Le mécanisme précédent (taxation avec redistribution uniforme) n'encourage pas spécifiquement cet objectif sauf à des niveaux de taxe très élevés. Le modèle permet de déterminer les différentes combinaisons entre taxe et subvention permettant d'atteindre cet objectif. Une subvention de 140 euros par hectare pour l'agriculture biologique associée à une taxe de 58 % permet d'atteindre l'objectif de 20 % des surfaces en agriculture biologique (en réduisant globalement l'usage des pesticides de 40 %). Cet objectif est également atteint grâce à une subvention de 180 euros par hectare couplée à une taxe de 38 %, mais dans ce cas les recettes de la taxe sont insuffisantes pour financer la subvention. Les limites concernant les données sur l'agriculture biologique ainsi que la non prise en compte des coûts liés à la conversion entre systèmes conduit à prendre ces chiffres avec précaution. Ils illustrent cependant l'idée qu'une combinaison d'incitations publiques complémentaires peut s'avérer judicieuse dans ce cas.

### Réduire l'usage des pesticides est possible par des politiques ambitieuses et un accompagnement des agriculteurs

Réduire l'usage des pesticides et plus largement développer des systèmes de culture permettant de mieux répondre aux enjeux d'un développement durable implique de partir du constat que cette évolution nécessite des sauts technologiques, impliquant des changements de pratiques, non seulement pour les agriculteurs mais pour tous les acteurs en amont et en aval. En ce qui concerne les agriculteurs, il n'existe pas de continuum technologique entre l'agriculture conventionnelle actuelle et l'agriculture bio-

logique mais différentes technologies intermédiaires dont l'adoption constitue généralement une rupture avec les pratiques en place. Ceci oblige lorsqu'on s'intéresse à l'évaluation économique des impacts agrégés de ces changements et aux effets des incitations économiques d'avoir recours à des approches de modélisation différentes des méthodes économétriques habituelles.

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de ce travail. Les techniques à bas niveau d'intrants permettraient si elles étaient massivement adoptées de diminuer l'usage des pesticides de 30 % environ. En revanche, pour atteindre une réduction de moitié de l'usage des pesticides, une généralisation des méthodes d'agriculture intégrée et d'agriculture biologique serait nécessaire, impliquant des changements beaucoup plus importants, et dans l'état actuel des connaissances, des pertes de volume de production. Inciter à ces changements nécessite des politiques publiques suffisamment ambitieuses. Ainsi, notre travail illustre le fait que pour être efficace les taxes doivent être fixées à un niveau suffisamment élevé. Mais nous montrons également que la combinaison avec d'autres incitations économiques, notamment des subventions aux techniques économes, peut permettre de diminuer le niveau de la taxe vers un niveau plus acceptable. Il faut cependant garder à l'esprit que pour permettre aux agriculteurs d'adopter des techniques qui sont en forte rupture avec celles qu'ils pratiquent actuellement, d'autres dimensions des politiques publiques doivent entrer en jeu, notamment dans les domaines de la gestion des risques, de la formation et du conseil. Enfin, parce que les systèmes les plus faiblement utilisateurs de pesticides impliquent des modifications dans les cultures introduites dans les rotations, ils nécessitent, pour être viables économiquement à grande échelle, des débouchés pour les nouvelles productions mises sur le marché et donc des changements dans les filières en aval de la production agricole.

En termes de pistes de recherche, ce travail illustre l'importance de prendre en compte la diversité des technologies de production dans les modèles économiques et invite à développer des méthodes de modélisation économique permettant d'intégrer dans l'analyse les dimensions agronomiques des relations entre inputs et outputs et à approfondir la compréhension des comportements des agriculteurs dans leurs changements de pratiques de production.

**Florence Jacquet**, INRA, UR1303 ALISS, F-94200 Ivry sur Seine, France.

[fjacquet@grignon.inra.fr](mailto:fjacquet@grignon.inra.fr)

**Jean-Pierre Butault**, INRA, UMR 210 Economie Publique, F-78850 Thiverval-Grignon, France.

[butault@nancy-engref.inra.fr](mailto:butault@nancy-engref.inra.fr)

**Laurence Guichard**, INRA, UMR 211 Agronomie, F-78850 Thiverval-Grignon, France.

[Laurence.Guichard@grignon.inra.fr](mailto:Laurence.Guichard@grignon.inra.fr)

#### Pour en savoir plus

**Carpentier A.** 2010, Economie de la production agricole et régulation de l'utilisation des pesticides. Une synthèse critique de la littérature, Colloque SFER *La réduction des pesticides agricoles, enjeux, modalités et conséquences*, 11-12 mars 2010, Lyon, France, 48 p.

**Butault J.P., Delame N., Jacquet F., Rio P., Zardet G., Benoit M., Blogowski A., Bouhsina Z., Carpentier A., Desbois D., Dupraz P., Guichard L., Rousselle J.M., Ruas J.F., Varchavsky M.** 2009, Analyse ex ante de scénarios de rupture dans l'utilisation des pesticides, In *Ecophyto R&D. Vers des systèmes de culture économes en pesticides. Volet 1. Tome VI*, 90p. [http://www.inra.fr/l\\_institut/etudes/ecophyto\\_r\\_d](http://www.inra.fr/l_institut/etudes/ecophyto_r_d)

**Jacquet F., Butault J.P., Guichard L.** 2011, An economic analysis of the possibility of reducing pesticides in French field crops, *Ecological Economics*, 70 (9), 1638-1648.