

Juin 2014
volume n° 4 / numéro n° 1
www.agronomie.asso.fr

Agronomie

environnement & sociétés



La revue de l'association française d'agronomie

Des
politiques publiques à
l'efficacité économique des entreprises agricoles :
quelles synergies entre agronomie et économie ?

ASSOCIATION FRANÇAISE
AGRONOMIE



Agronomie, Environnement & Sociétés est une revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie (AFA) sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations www.agronomie.asso.fr/aes. L'AFA est une association à but non lucratif qui publie des travaux en accès libre.

Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Le dispositif Ecophyto est-il suffisant pour réduire l'usage des pesticides ?

Is the Ecophyto action plan efficient in reducing pesticide use?

Elsa MARTIN* et Nicolas MUNIER-JOLAIN**

*Economiste de la production agricole et de l'environnement - AgroSup Dijon - CESAER - Adresse : 26, Boulevard Dr Petitjean - 21000 Dijon - Téléphone : 03 80 77 26 91 - E-mail : elsa.martin@dijon.inra.fr

**Agronome des systèmes de culture - INRA, Agroécologie Adresse : 17, rue Sully - 21000 Dijon - Téléphone : 03 80 69 30 35 - E-mail : nicolas.munier-jolain@dijon.inra.fr

Résumé

Le plan ECOPHYTO a pour objectif de baisser significativement l'usage de pesticides en France. Il s'appuie sur différentes actions dont la mise en place du réseau DEPHY, réseau de démonstration de systèmes de culture économes en pesticides tout en restant performants. Ce réseau est présenté, avec une réflexion sur les difficultés méthodologiques de la qualification de la dépendance aux pesticides et de la performance économique. Les auteurs croisent leurs regards d'économiste et d'agronome pour justifier l'action publique et analyser la panoplie de dispositifs d'incitation possibles pour orienter l'agriculture vers une moindre utilisation des pesticides. Ils soulignent la valeur du réseau DEPHY pour produire les connaissances nécessaires visant à accompagner les changements de pratiques. Ils rappellent également que les agriculteurs ne sont pas les seuls acteurs qui doivent s'engager dans la démarche ECOPHYTO. Le conseil agricole, la recherche, la formation et les filières ont une responsabilité particulière dont dépendra le succès du plan.

Mots-clés

Ecophyto, DEPHY, pesticides, agronomie, économie.

Abstract

The main aim of the Ecophyto action plan is to significantly reduce pesticide use in France. It is based on different actions such as the implementation of the DEPHY network. This demonstration network is related to farming system that use few pesticides while maintaining profitability. We present this network, emphasizing methodological difficulties linked with the definition of pesticide dependence and economic performance. The authors compare their economist and agronomist point of view to justify public action and to analyse the instruments that can be used to reduce agricultural pesticide use. They underline the importance of the DEPHY network to produce the knowledge that is needed to guide changes of agricultural practices. They also recall that farmers are not the only actors that must participate to ECOPHYTO plan.

Extension services, research, training and the whole agricultural sector will help in making the plan successful.

Introduction

L'utilisation des pesticides de synthèse a contribué à une augmentation considérable des rendements et à une régularité de la production agricole. Mais la prise de conscience des impacts négatifs de l'utilisation de ces produits sur l'environnement et sur la santé humaine a dans un premier temps amené les pouvoirs publics à réguler la composition des produits utilisés. Les critères d'homologation des pesticides ont été renforcés et un certain nombre de substances actives ont été retirées du marché au cours des deux dernières décennies (Gasquez *et al.*, 2013). Cependant de telles mesures n'agissent que sur la qualité des produits et non sur les quantités utilisées. Or, la préoccupation relative à l'utilisation des pesticides reste forte, tant au regard de questions environnementales et réglementaires, qu'au regard de la santé publique. D'une part, la France est loin d'atteindre les objectifs de bon état écologique de l'eau fixés par l'Union Européenne à l'horizon 2015 ; d'autre part, les liens entre pesticides et santé humaine sont établis à la fois plus fréquemment et plus clairement : le rapport d'expertise collective publié par l'INSERM en 2013 (Baldi *et al.*, 2013), s'appuyant sur une analyse de publications scientifiques internationales, conclut à l'existence d'une association positive entre exposition professionnelle à des pesticides et certaines pathologies comme la maladie de Parkinson, le cancer de la prostate et certains cancers hématopoïétiques. La forte pression sociétale sur le sujet conduit les pouvoirs publics à poursuivre les efforts en évaluant et encadrant l'usage des pesticides de manière plus marquée.

Ainsi, le Grenelle de l'Environnement a conduit à l'élaboration du plan Ecophyto 2018, visant une réduction de 50% des usages des pesticides dans un délai de 10 ans, "si possible". Ce plan répond par ailleurs à la directive européenne du 21 octobre 2009 visant une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable. L'objectif initial de 50% est ambitieux et correspond à une volonté des pouvoirs publics de voir se développer des innovations visant à réduire l'usage des pesticides. Cet objectif a donné lieu à une étude commanditée à l'INRA (Butault *et al.*, 2010) visant à éclairer la possibilité d'atteindre cet objectif et à concevoir un dispositif de références expérimentales sur les systèmes de culture économes en pesticides. Par ailleurs, la mention "si possible" témoigne de la reconnaissance par les pouvoirs publics du caractère en partie exploratoire du plan ainsi que de leur double volonté (i) de maintien des performances productives et (ii) de cohérence avec les autres enjeux sanitaires et environnementaux.

Dans les faits, le plan Ecophyto se traduit par 9 axes et 105 actions (voir Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2008 pour plus de détails). La plupart de ces axes et actions ont pour objectif la production et la diffusion de connaissances relatives aux moyens de réduire l'usage des pesticides.

Ce dispositif est-il suffisant pour réduire l'usage des pesticides ? Afin d'apporter des éléments de réponse à cette question, nous analyserons dans une première partie le dispositif d'un point de vue agronomique et économique

pour ensuite détailler les enjeux liés à l'adoption de pratiques agricoles réduisant l'usage des pesticides.

Le dispositif d'action publique Ecophyto

Pour présenter le dispositif Ecophyto, nous proposons tout d'abord de revenir sur les arguments en termes d'économie de l'environnement justifiant la mise en œuvre d'un dispositif ayant pour objectif la réduction de l'utilisation des pesticides. Nous replacerons ensuite le plan Ecophyto dans une grille d'analyse économique des instruments de politique visant la réduction des pollutions liées aux pesticides pour enfin nous focaliser sur l'analyse de l'axe 2 visant à recenser et généraliser les systèmes agricoles économes en produits phytosanitaires.

Justification économique d'un dispositif d'action publique ayant pour objectif la réduction de l'usage des pesticides

L'usage des pesticides a essentiellement des effets positifs pour le producteur agricole qui se traduisent par des bénéfices liés à des rendements élevés et stables, ainsi qu'à une forme de simplification du processus de production (Aubertot et al., 2005). Du point de vue d'une société élargie à des consommateurs par exemple, une forte productivité contribue à baisser les prix des produits agricoles, mais l'usage des pesticides a également des effets négatifs via ses conséquences néfastes sur l'environnement et sur la santé humaine. D'un point de vue économique, ces effets négatifs se traduisent par des coûts qui sont généralement regroupés sous la dénomination de dommages. Sur la base de Freeman (1993), Carpentier et al. (2005)¹ proposent une typologie à double entrée des effets négatifs de l'utilisation des pesticides et des dommages associés. La première entrée distingue les dommages liés à des effets directs ou indirects (via l'environnement) sur l'homme. La seconde entrée oppose quant à elle les effets sur les activités économiques de production (marchands) et les effets non liés aux activités économiques de production (effets non marchands principalement liés à des activités économiques de consommation). Toute la difficulté est de quantifier de manière précise ces dommages. Carpentier et al. (2005) proposent de répartir les principales méthodes d'évaluation économique des dommages dus aux pollutions selon deux approches. La première approche consiste à valoriser un dommage à partir d'une fonction de dose-réponse qui synthétise les liens existants entre les pollutions et leurs effets sur les éléments pertinents de l'évaluation (environnement, santé humaine). Les valeurs économiques appréhendées par cette méthode sont par exemple des coûts en termes de soins médicaux liés à la présence de résidus de pesticides dans l'air ou dans les aliments ou encore les coûts de la restauration des écosystèmes. La seconde approche a fait l'objet de développements beaucoup plus importants dans les années récentes. Elle s'appuie sur des analyses de microéconomie du consommateur qui reposent sur l'hypothèse que les choix économiques des citoyens révèlent leurs préférences. Il s'agit alors par exemple de déduire leur consentement à payer

pour la réduction de la présence de résidus dans les produits de consommation ou, plus généralement, pour la protection de l'environnement sur la base de l'observation de leurs comportements sur des marchés.

D'un point de vue économique, un dispositif visant à réduire l'usage des pesticides se justifie par la divergence entre l'optimum privé du producteur et l'optimum social. L'optimum privé du producteur agricole est la quantité de pesticides lui permettant de dégager un bénéfice le plus élevé possible. L'optimum social correspond quant à lui à la quantité de pesticides qui rend le bénéfice d'un ensemble d'agents (producteurs et consommateurs) le plus élevé possible. Ce bénéfice social tient compte à la fois des bénéfices de l'usage des pesticides pour la production agricole mais aussi des coûts que cette utilisation fait supporter aux autres membres de la société. Cette différence entre optimum privé et social est communément appelée un effet externe. Le terme externe est utilisé en référence au fait que les niveaux d'utilisation des pesticides ne sont pas "négociés" entre les pollueurs et les victimes dans le cadre du fonctionnement de l'économie marchande. Autrement dit, il n'existe pas de marché où la demande de pollution des utilisateurs de pesticides rencontre directement l'offre de pollution des membres de la société. Cette défaillance des marchés justifie la nécessité d'une intervention publique pour rendre compatibles les attentes des membres de la société qui bénéficient de l'utilisation des pesticides et celles de ceux qui en subissent les effets négatifs.

Si l'intervention publique est nécessaire pour réduire le décalage entre optimum privé et optimum social lié à une trop forte utilisation des pesticides dans le secteur agricole, il n'en demeure pas moins qu'elle peut par ailleurs contribuer au creusement de cet écart. Mahé et Rainelli (1987) démontrent le rôle joué par la Politique Agricole Commune (PAC) dans la forte utilisation des intrants chimiques comme les pesticides en Europe. Ils partent du système de soutien des prix des grandes cultures de l'après-guerre qui, combiné à la relative rareté de la terre arable, a incité les agriculteurs européens à adopter des pratiques culturales intensives, ces facteurs de production étant relativement moins chers que la terre. Cette étude met donc en évidence l'importance du prix relatif des intrants sur celui de la production agricole dans les choix d'intensification des agriculteurs. Dans ce cadre, la baisse du prix relatif des grandes cultures par rapport aux pesticides suite aux réformes successives de la PAC depuis 1992 aurait dû se traduire par une baisse de l'usage de ces intrants dans l'agriculture européenne. Les niveaux d'usage actuels montrent que la phase d'adaptation des pratiques agricoles est plus complexe que cela.

Avant de revenir plus en détail sur cette complexité, nous proposons de replacer le dispositif Ecophyto dans une grille d'analyse économique des instruments de régulation des problèmes de pollution et de zoomer sur une partie du dispositif (le réseau DEPHY).

Ecophyto replacé dans une grille d'analyse économique des instruments à la disposition des décideurs publics pour réduire les pollutions

L'analyse microéconomique des instruments de régulation des pollutions a été initialement développée par Baumol et

¹ Carpentier et al. (2005) est, à notre connaissance, la seule référence relativement récente en langue française faisant le tour de la littérature économique relative à l'utilisation des pesticides. Elle fait l'objet d'un relatif consensus et sera largement mobilisée dans la suite.

Oates (1988); Bontems et Rotillon (2003) proposent une analyse actualisée en langue française. Trois types d'instruments sont généralement proposés par les économistes : les approches réglementaires contraignantes, les incitations économiques (taxes) et les approches volontaires.

Les approches réglementaires contraignantes

Les procédures d'homologation de la commercialisation des pesticides sont un bon exemple d'approche réglementaire contraignante visant la réduction des pollutions liées aux pesticides en contrôlant la qualité des produits. Dans le cadre du plan Ecophyto, la seule forme de contrainte visant la réduction des pollutions via le levier des quantités est liée à l'obligation, pour les distributeurs et les utilisateurs de produits phytosanitaires, d'avoir suivi une formation pour utiliser ces produits. Cette formation est couronnée par l'obtention d'un certificat nommé Certiphyto. L'hypothèse sous-jacente est que le fait d'avoir suivi une formation favorise une démarche de réduction d'usage des pesticides.

Les incitations économiques

La Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) a été mise en place en 2000 en France. Elle est différenciée en fonction de la toxicité des produits. Son objectif est double : inciter les industriels à développer des substances moins toxiques pour l'homme et l'environnement et inciter les agriculteurs à choisir les produits les moins nocifs. Carpentier *et al.* (2005) la jugent trop faible pour avoir un impact incitatif. Les auteurs défendent par ailleurs l'intérêt d'une taxation de l'utilisation des pesticides pour en réduire l'usage. Plusieurs arguments peuvent être avancés. Une taxe a généralement deux effets. Elle permet tout d'abord de réduire les émissions polluantes grâce à un mécanisme d'incitation économique. Elle génère ensuite un revenu que l'Etat peut mobiliser par ailleurs (mécanisme budgétaire). Pour éviter de peser sur le revenu des agents économiques, la théorie économique préconise bien souvent de redistribuer de manière forfaitaire le produit de la taxe. La taxe n'est donc pas une punition. Elle est simplement un signal que le régulateur désire rétablir l'optimum social doit envoyer aux agents. Signalons que pour être efficace, il faut que les agents aient à leur disposition des alternatives à l'utilisation du produit taxé. Le régulateur doit donc veiller à l'existence et au développement de ces alternatives. Par ailleurs, la taxe doit être suffisamment élevée pour que les alternatives soient économiquement avantageuses. Enfin, cet instrument a la faveur des économistes car il introduit une certaine forme de flexibilité par rapport à une réglementation contraignante : toute liberté est laissée aux agriculteurs quant au choix des alternatives.

Les approches volontaires

Les approches volontaires peuvent être vues comme des types de dispositifs ayant pour objectif principal de répondre aux problèmes d'acceptabilité des deux approches décrites précédemment. L'OCDE (1999) distingue quatre types d'approches volontaires. Les engagements unilatéraux sont des programmes de protection de l'environnement élaborés par des entreprises. Les accords privés sont des contrats passés entre une entreprise et les victimes d'un dommage environnemental. Les accords négociés sont des

contrats entre la puissance publique et les générateurs d'un dommage environnemental. Les programmes volontaires publics consistent en l'élaboration de normes et en la définition des conditions de participation des différentes parties prenantes. Les deux derniers dispositifs sont les seuls qui concernent directement la puissance publique. Les mesures agro-environnementales relèvent des accords négociés. Le plan Ecophyto s'inscrit plutôt dans la catégorie des programmes volontaires publics dans la mesure où un objectif et un ensemble d'axes de développement sont définis sans être assortis de contraintes réglementaires ou d'incitations économiques auprès des utilisateurs de pesticides. L'axe 1 vise à évaluer les progrès en matière de diminution de l'usage des pesticides. Il s'inscrit dans une volonté d'évaluer les résultats du plan. L'axe 2 a pour objectif de recenser et généraliser les systèmes agricoles et les moyens connus permettant de réduire l'utilisation des pesticides en mobilisant l'ensemble des partenaires de la recherche du développement et du conseil. L'axe 3 vise à innover dans la conception et la mise au point des itinéraires techniques et des systèmes de cultures économes en pesticides. L'objectif est d'associer acteurs de la recherche, de la formation et du développement en s'appuyant notamment sur les Réseaux Mixtes Technologiques (RMT). L'axe 4 a pour ambition la formation à la réduction et à la sécurisation de l'utilisation des pesticides. Au-delà de l'obligation de détention d'un Certiphyto, il s'agit pour la puissance publique de développer une assistance technique pour la formation de la profession agricole. Cet axe est complété par l'axe 8 qui a pour objectif de renforcer la santé et la sécurité des utilisateurs de produits phytosanitaires. L'axe 5 vise quant à lui à renforcer les réseaux de surveillance sur les bio-agresseurs et les effets non intentionnels de l'utilisation des pesticides. Les axes 6 et 7 concernent plus spécifiquement les Départements d'Outre-Mer et l'utilisation de produits phytosanitaires en zone non agricole. L'axe 8 est spécifiquement dédié à la mise en place de la gouvernance territoriale et de la communication autour du plan.

Le plan Ecophyto peut constituer une première étape pour réduire les quantités de pesticides utilisés. Il répond à une des recommandations de Carpentier *et al.* (2005) dans la mesure où il favorise la mise en place et l'organisation de l'environnement technologique et du conseil agricole en matière de réduction de l'usage des pesticides.

Zoom sur le réseau DEPHY

Le réseau DEPHY est souvent présenté comme une action majeure du plan ECOPHYTO. Il s'agit d'un réseau de démonstration de systèmes de culture économes en pesticides, couvrant la plupart des filières de production végétales françaises (grandes cultures, arboriculture fruitière, viticulture, production légumière et maraîchage, horticulture, et cultures tropicales). Il est constitué d'une part d'environ 1900 systèmes de culture conduits par des agriculteurs volontaires (réseau DEPHY-FERME), d'autre part de 170 sites expérimentaux (réseau DEPHY-EXPE) sur lesquels sont testés des systèmes de culture à faible usage de pesticides dans des conditions qui, a priori, permettent de prendre plus de risque que dans des fermes 'commerciales'. Le

réseau DEPHY-FERME est constitué d'environ 180 groupes de 8 à 12 agriculteurs s'étant engagés à aller vers la réduction du niveau d'utilisation de pesticides sur tout ou partie de leur exploitation. Chaque groupe est animé par un Ingénieur-Réseau (IR) chargé tout à la fois d'accompagner les agriculteurs dans leur projet de changement de pratiques, de communiquer localement sur le réseau DEPHY et sur les systèmes vertueux, et de contribuer à la production de références par la collecte d'informations contribuant à la vie du réseau. Les groupes de fermes ont été constitués à l'initiative d'institutions, très souvent des chambres d'agriculture, mais aussi des instituts techniques, des coopératives agricoles ou des CIVAM, et sélectionnés dans le cadre d'un appel d'offre réparti sur 3 ans, conduisant à trois promotions de groupes initiées respectivement en 2010 (phase test), 2011 et 2012. Les groupes ont été sélectionnés principalement sur l'ambition affichée de réduction d'usage de pesticides, et sur la crédibilité des leviers d'action prévus par les agriculteurs pour atteindre ces objectifs ambitieux. Les objectifs du réseau DEPHY sont triples :

- Démontrer qu'il est possible d'utiliser peu de pesticides tout en maintenant une agriculture performante sur des critères économiques, environnementaux, et sociaux ;
- Entraîner les agriculteurs extérieurs au réseau dans cette démarche vertueuse de réduction d'usage de pesticides ;
- Produire des références sur les systèmes de culture économes en pesticides, à la fois sous la forme de description détaillée de systèmes identifiés comme économes en pesticides et performants (contexte, stratégies agronomiques, règles de décision, description des pratiques), et sous la forme de production de connaissances génériques : quelles situations de production (régions, type de sol et de climat, environnement socio-technique) semblent favorables (ou à l'inverse défavorables) à la réduction d'usage de pesticides ? Quelles stratégies agronomiques permettent de concilier une faible dépendance aux pesticides et une bonne performance économique et comment sont-elles adaptées en fonction des situations de production ? Est-ce que ces stratégies reposent (i) plutôt sur une plus grande tolérance à la présence des maladies, adventices et ravageurs des agriculteurs économes, ou (ii) plutôt sur des adaptations visant à améliorer l'efficacité des traitements, permettant ainsi de réduire les doses utilisées pour viser une même efficacité, ou (iii) plutôt encore sur des adaptations des systèmes visant à maîtriser les bio-agresseurs par des moyens alternatifs permettant de mobiliser moins fréquemment le levier de contrôle chimique ? Quels antagonismes éventuels l'échantillon de systèmes DEPHY permet-il de repérer entre critères de durabilité, et dans quelle gamme de situations et de stratégies ces antagonismes s'expriment-ils (antagonismes entre usage de pesticide et performance économique, entre usage de pesticide et consommation d'énergie...) ? Ces connaissances qui doivent être produites par le réseau DEPHY sont utiles à la fois pour contribuer à l'accompagnement des agriculteurs dans leur démarche de changement, dans le réseau DEPHY comme en dehors, et pour prévoir les conséquences à attendre d'une adoption généralisée de pratiques plus économes.

La démonstration qu'il est possible d'utiliser moins/peu de pesticides repose sur deux approches complémentaires qui

mobilisent deux types de systèmes de culture DEPHY. Certains systèmes sont déjà peu, voire très peu consommateurs de pesticides, au démarrage du dispositif. Par leur existence même, ils démontrent qu'il est possible d'utiliser peu de pesticides, au moins dans leur contexte propre. Il convient alors de bien caractériser ces systèmes, notamment pour circonscrire leur domaine de validité, également pour vérifier leurs performances sur d'autres critères de durabilité. Ces systèmes faiblement consommateurs de pesticides à l'entrée dans le réseau représentent environ 30 % des systèmes. Les autres systèmes sont plus dépendants des pesticides au départ, mais les agriculteurs s'engagent dans une démarche volontaire de changement, et c'est alors plutôt la trajectoire d'évolution des systèmes qui est un démonstrateur de la possibilité de réduire l'usage de pesticides. Ce deuxième mode de démonstration est au moins aussi puissant que le premier, dans la mesure où il interpelle probablement plus vigoureusement les agriculteurs français actuellement peu économes en pesticides. Mais il nécessite évidemment un temps plus long, pour la définition du projet, sa mise en œuvre, l'apprentissage des techniques, la collecte et la valorisation des données...

La difficile identification des systèmes de culture économes en pesticides

Il existe plusieurs indicateurs de niveau d'usage de pesticides. La quantité de pesticide exprimée en grammes de substance active par hectare est un mauvais indicateur de la dépendance des systèmes agricoles, car des substances actives peuvent être homologuées (et utilisées) à des doses très contrastées pour des effets pesticides équivalents. La substitution d'un herbicide appliqué à plusieurs centaines de grammes par hectare par un autre au spectre d'action équivalent appliqué à quelques dizaines de grammes n'indique pas une baisse de la dépendance du système aux produits phytosanitaires, ni même nécessairement une baisse des impacts environnementaux si les effets biologiques des substances sont plus importants à faible concentration. Ce type de substitution explique d'ailleurs largement la baisse du tonnage de substances actives consommées en France au cours des années passées. L'indicateur le plus utilisé pour suivre la consommation de pesticide est l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT), calculé comme le cumul, sur l'ensemble des produits appliqués au cours d'une campagne agricole, de la dose de produit appliquée exprimée en relatif par rapport à une dose de référence, et pondérée par la proportion de surface traitée. La dose de référence est déterminée pour chaque culture et chaque produit comme la dose homologuée minimale sur la gamme des bio-agresseurs 'cibles' concernés par le produit². L'IFT est actuellement calculé sur la base des produits phytosanitaires commerciaux, ce qui peut générer un biais non négligeable pour les produits intégrant plusieurs substances actives : un produit à large spectre comportant trois substances actives peut donc avoir un IFT trois fois plus faible qu'un programme constitué de trois produits mono-substances appliqués aux doses correspondantes, alors que les deux programmes correspondent objectivement au même niveau de

² Un traitement peut donc être associé à un IFT supérieur à 1 si le bio-agresseur visé est peu sensible et nécessite une dose relativement élevée par rapport à d'autres cibles potentielles (tout en restant dans la gamme des doses prévues par l'homologation).

dépendance aux pesticides. Une version de l'IFT calculé à l'échelle des substances actives doit prochainement permettre de lever ce biais, mais les doses de référence à l'échelle des substances ne sont encore pas disponibles.

L'indicateur NODU (NOMBRE de Doses Unités) est la déclinaison nationale de l'IFT, utilisé pour suivre la consommation du pays en produits phytosanitaires, à l'échelle des substances actives. Il est calculé sur la base des ventes de produits déclarées par les distributeurs sur le territoire national.

L'IFT donne donc une indication de la valeur absolue de la consommation de pesticides à l'échelle d'un système de culture. Cette valeur ne renseigne pourtant pas directement sur les efforts éventuels consentis par les agriculteurs pour limiter la dépendance de leurs systèmes. En effet, l'IFT varie d'abord avec le contexte climatique et agricole des parcelles suivies, et avec la nature des productions, certaines espèces cultivées requérant généralement plus de traitement que d'autres cultures plus rustiques. L'usage de pesticides à l'échelle d'un système peut donc être qualifié par la valeur relative de l'IFT par rapport à un IFT de référence régional, déterminé pour chaque filière en fonction de données statistiques d'IFT dans chaque région pour les principales espèces cultivées, et de l'assolement régional. Dans le cadre du réseau DEPHY, les statistiques des pratiques culturelles de l'année 2006 sont utilisées (année plutôt favorable ayant nécessité plutôt peu de pesticides à l'échelle de la France), et le 70^{ème} percentile des distributions d'IFT par culture et par région est utilisé comme référence. Pour les grandes cultures, on utilise la moyenne pondérée des IFT de référence des principales cultures annuelles (blé, orge, colza, maïs, betterave, pomme de terre, tournesol, pois, le poids de chaque culture variant en fonction de l'assolement régional). Pour les systèmes de polyculture-élevage, l'IFT de référence régional est plus faible, puisque la moyenne intègre les surfaces en prairies temporaires et artificielles, sous hypothèse que ces surfaces ne reçoivent aucun traitement.

Cette méthode permet de repérer des systèmes de culture économes en pesticides. Dans le réseau DEPHY, on qualifie arbitrairement de très économes et d'économes les systèmes présentant un IFT inférieur à respectivement 50% et 70% de la référence régionale. Pour la filière Grandes Cultures et Polyculture-élevage, 14% des systèmes sont ainsi qualifiés de très économes et 15% d'économes dès leur entrée dans le réseau (en plus des 6% de systèmes en Agriculture Biologique). Ces systèmes sont dominés par des systèmes intégrant de la prairie temporaire, des systèmes à rotation complexe, des monocultures de maïs, et des systèmes diversifiés à base de céréales et de cultures de printemps-été, souvent du maïs.

Pourtant cette méthode de repérage des systèmes vertueux n'est pas parfaite : elle ne permet pas de mettre en valeur des systèmes agricoles intégrant des productions agricoles originales dans leur région, malgré les efforts éventuels de limitation d'usage de pesticides sur ces productions (l'exemple type étant les systèmes betteraviers alsaciens qui sont qualifiés par rapport à un IFT de référence régional plutôt bas en raison de la prédominance du maïs en Alsace). Elle ne permet pas non plus de valoriser des systèmes à dominante céréalière dont une partie de la production est

autoconsommée sur la ferme, sans prairie temporaire, dans des régions où l'IFT de référence 'polyculture-élevage' est bas parce que l'assolement régional comporte beaucoup de prairies temporaires. En bref, elle valorise bien les systèmes utilisant peu de pesticides parce qu'intégrant des cultures rustiques dans les productions, mais moins bien les efforts réalisés pour réduire l'usage de pesticides sur des cultures traditionnellement plus dépendantes des pesticides. Pour rééquilibrer le repérage, des adaptations méthodologiques sont en cours, qui devraient être fondées sur la double qualification des IFT, d'une part au regard de l'IFT de référence régional, mais aussi au regard d'un IFT de référence personnalisé pour chaque système en fonction de son assolement propre et des distributions régionales d'IFT pour chacune des cultures concernées.

La question de l'évaluation de la performance de systèmes de culture économes en pesticides

La réduction de l'usage de pesticides doit être conciliée avec les autres composantes de la durabilité, notamment la dimension économique. L'objet d'étude du réseau DEPHY étant le système de culture, l'évaluation de sa performance économique n'est pas triviale. À cette échelle, il est possible de s'appuyer sur un indicateur de marge (qualifiée de semiette) calculée sur la base de la valeur des productions et des charges (intrants et charges de mécanisation). Comme dans ce contexte on s'intéresse plus aux stratégies agronomiques qu'aux stratégies d'équipement des agriculteurs du réseau, ou de leurs stratégies de commercialisation, on utilise plutôt des références très standardisées des coûts associés aux différentes interventions mécanisées et aux prix de vente des productions. On est par conséquent sur une performance technico-économique de court terme.

Cependant, la qualification des performances technico-économiques de court-terme à l'échelle du système de culture par un indicateur de marge pose un certain nombre de difficultés méthodologiques :

- Le calcul des marges pose le problème de la valeur des productions lorsque celles-ci ne sont pas commercialisées mais valorisées par un atelier d'élevage sur l'exploitation. Dans ce cas, on utilise en général une valeur de marché qui n'a pas toujours beaucoup de sens quand ce marché est très limité en volume dans les faits. En outre, la production végétale peut n'être qu'un élément mineur de la stratégie économique d'une exploitation, et un éleveur peut être satisfait dès lors que ces productions végétales lui permettent d'assurer les besoins fourragers de l'atelier d'élevage, indépendamment de leur valeur théorique.

- La performance technico-économique dépend évidemment des stratégies agronomiques de l'agriculteur, mais est également largement déterminée par la situation de production, définie par le type de sol et de climat, l'environnement biologique (notamment la pression de bio-agresseurs) et le contexte socio-technique (Aubertot et Robin, 2013). La performance technico-économique d'un système ne peut s'évaluer qu'au regard de systèmes conduits dans des contextes similaires. Dans le cadre d'un réseau comme DEPHY, cela implique de définir des types de situation de production avec un certain nombre de critères déterminants (par exemple le potentiel agronomique du milieu, l'accès à

l'irrigation, la présence de débouchés locaux permettant de produire des cultures à forte valeur ajoutée, pour le vignoble le prestige du terroir...), et de positionner chaque système dans la distribution des marges de la situation de production correspondante.

- Par ailleurs, un indicateur de performance calculé classiquement par hectare à l'échelle du système de culture ne rend pas bien compte des performances économiques de stratégies d'extensification fondées sur de faibles charges appliquées sur de grandes surfaces, permettant au final d'assurer un bon revenu à l'agriculteur. La solution consiste alors à compléter l'indicateur par une version calculée par unité de temps de travail requis pour la conduite du système, par exemple.

Enfin, si la question de la performance technico-économique est au cœur des préoccupations sur la faisabilité de la réduction d'usage de pesticides, ce qui justifie de la prendre en compte de façon prioritaire dans le repérage des systèmes 'vertueux', l'évaluation des systèmes du réseau DEPHY ne peut se limiter à ce domaine de la durabilité. Chaque système de culture doit être caractérisé en termes de productivité (valeur et qualité des productions), de temps de travail requis, de bilan et d'efficacité énergétique, d'émissions de gaz à effets de serre, de pertes de nitrate dans l'environnement, de consommation de ressources non renouvelables comme le phosphore, de préservation de la biodiversité³... Ces informations sont utiles pour présenter les systèmes identifiés comme vertueux en affichant leurs atouts mais aussi leurs limites. Elles sont également nécessaires pour analyser les éventuels antagonismes entre critères de durabilité et prévoir ainsi les conséquences d'une éventuelle généralisation des systèmes à faible usage de pesticides. Ces informations pourraient être combinées pour identifier des systèmes 'multi-performants', ce qui pose la question des modalités d'agrégation des critères : faut-il adapter les poids donnés aux critères en fonction des situations de production ou au contraire normaliser l'évaluation ? Faut-il définir des seuils d'acceptabilité pour chacun des critères ou au contraire permettre qu'un bon indicateur de performance puisse compenser une performance moins bonne dans un autre domaine ? Au regard du nombre de systèmes de culture à évaluer, il est important en outre que cette évaluation multicritères puisse être largement automatisable pour pouvoir être opérationnelle.

Les méthodes d'économie de la production agricole offrent également des possibilités intéressantes de prise en compte de l'ensemble des critères de durabilité évoqués précédemment et d'analyse des éventuels antagonismes entre ces critères. Etant donné qu'elles reposent sur la reconstitution d'une fonction de production, ces méthodes permettent de mesurer une performance technique basée uniquement sur les quantités de facteurs de production (travail, SAU, matériel, intrants...) utilisées pour produire une certaine quantité de produits (voir par exemple Boussemart et al., 2013, pour une application récente à l'utilisation de pesticides). L'hypothèse sous-jacente à ces méthodes est qu'un agriculteur performant est celui qui mobilise le moins de facteurs de production pour produire une quantité la plus

élevée possible. À supposer que les données relatives aux facteurs de production et aux produits soient disponibles, il est ainsi possible de s'affranchir de certaines limites de l'indicateur de marge semi-nette. La performance économique est généralement mesurée en référence à un système de prix, dans le même esprit que les indicateurs de marge. Les recherches relativement récentes s'attachent à produire des indicateurs de performance environnementale (voir par exemple Coelli et al., 2007, Chung et al., 1997, ou Picazo-Tadeo et al., 2013, pour des méthodes non paramétriques de construction d'indicateurs de performance environnementale). Tout comme la mesure de la performance économique passe par la mobilisation d'un système de prix pour ramener toutes les composantes de l'analyse à l'unité monétaire, il s'agit alors de mobiliser des systèmes "d'équivalent environnemental" permettant de convertir chaque facteur de production utilisé et/ou chaque produit en une unité environnementale pour mesurer des performances environnementales (efficacité énergétique, d'émission de gaz à effet de serre, nitrate, etc.) La comparaison entre les différents indicateurs de performance permet ensuite de conclure sur les éventuels antagonismes entre critères de durabilité. Par ailleurs, tout comme les approches d'évaluation économique des biens publics évoquées précédemment permettent une évaluation environnementale basée sur la demande, ces méthodes d'économie de la production permettent une évaluation environnementale basée sur l'offre et la fonction de production. L'enjeu reste celui de la conversion des facteurs de production et produits en unités environnementales.

À ce stade, le plan Ecophyto semble être une première étape indispensable pour réduire l'utilisation des pesticides. Nous proposons maintenant de voir s'il est suffisant. Pour ce faire, nous allons revenir sur un certain nombre d'enjeux liés à l'adoption de pratiques réduisant l'usage des pesticides.

Enjeux liés à l'adoption de pratiques réduisant l'usage des pesticides

Butault et al. (2010) associent toute modification de pratique visant à réduire l'usage des pesticides par rapport à l'agriculture intensive à une rupture. Les niveaux de rupture identifiés sont les suivants : agriculture raisonnée, agriculture intégrée et agriculture biologique. Nous proposons ici de combiner cette approche à l'approche ESR (Efficiency-Substitution-Redesign) de Hill et Mac Rae (1996) pour distinguer l'analyse des pratiques de protection raisonnée (notions d'efficacité et d'agriculture raisonnée) de l'analyse de l'adoption de pratiques de protection alternatives (notion de substitution) et de l'analyse des pratiques modifiant le système de culture ou de production (notions de reconception, d'agriculture intégrée et d'agriculture biologique). Nous allons revenir plus en détail sur chacun de ces points afin de mettre en évidence les enjeux liés à l'adoption de pratiques réduisant l'usage des pesticides.

Les pratiques de protection raisonnée

Les pratiques de protection raisonnée sont liées à la notion d'efficacité de l'approche ESR. L'idée est de se concentrer sur les pratiques de la lutte chimique et de chercher à optimiser l'usage de produits phytosanitaires. Nous prenons ici le

³ Mais les agronomes sont encore plutôt démunis pour évaluer les systèmes de culture sur cette dimension de la durabilité.

point de vue économique pour analyser ce type de stratégie et les possibilités qu'elle offre de réduction de l'utilisation d'un facteur de production comme les pesticides.

D'un point de vue microéconomique, l'agriculteur est supposé être un agent optimisateur rationnel : tout comme un chef d'entreprise, il choisit le niveau de produits phytosanitaires qu'il utilise de façon à maximiser son revenu. L'observation en pratique d'une sur-utilisation de produits phytosanitaires ne peut s'expliquer d'un point de vue microéconomique que par le fait que l'unité observée est dans une phase d'ajustement de son comportement. Ainsi, selon cette approche, il n'existerait pas de pratiques culturales permettant à la fois de réduire l'utilisation des pesticides et d'accroître le revenu des agriculteurs car elles seraient déjà en cours d'adoption si c'était le cas. Il en résulte que, d'un point de vue microéconomique, le premier moyen de tendre vers des pratiques de protection raisonnée serait de modifier le prix du facteur de production comme un pesticide via une taxe sur leur utilisation. Notons que si le régulateur souhaite préserver le revenu agricole, il peut le faire en redistribuant, par ailleurs et de manière forfaitaire, le produit issu d'une telle taxe.

Le problème est qu'une telle solution n'est efficace qu'à condition que la demande de pesticides soit élastique à son prix. Si cette élasticité-prix est faible en valeur absolue, une taxe sur les pesticides aurait un effet très limité sur leur utilisation et l'effet sur le revenu des agriculteurs serait d'autant plus négatif que le niveau de la taxe est élevé. Carpentier *et al.* (2005) recensent les analyses économétriques de la demande de pesticides pour conclure à une assez forte inélasticité de la demande de pesticides par rapport à leur prix. La principale source d'une telle inélasticité est le fait que le raisonnement de l'efficacité des traitements est déjà assez optimisé, et que les solutions disponibles pour améliorer cette efficacité sont coûteuses, soit d'un point de vue monétaire (par exemple équipement technologique pour le désherbage chimique localisé piloté par caméra embarquée, équipement de récupération de la bouillie de traitement excédentaire en viticulture, ...) soit d'un point de vue organisationnel (traitements uniquement dans certaines conditions météorologiques par exemple). Il reste cependant probablement une marge de progrès pour améliorer l'efficacité des traitements, et les développements technologiques dans ce sens doivent être encouragés.

Par ailleurs, la plupart des études économétriques de l'élasticité-prix de la demande de pesticides ne tiennent pas compte du fait que les pesticides ne sont pas un facteur de production direct. Ils sont en effet mobilisés pour éviter des pertes et leur analyse en termes d'économie de la production mérite pour cette raison une attention particulière. Typiquement, les produits phytosanitaires permettent non seulement d'accroître l'espérance des rendements en limitant les dégâts mais aussi de réduire leur variabilité en éliminant une des sources d'aléa affectant le développement des cultures. La prise en compte explicite de l'attitude des agriculteurs vis-à-vis du risque permet d'expliquer une éventuelle sur-utilisation de pesticides. En effet, partant du constat que les agriculteurs sont averses au risque, on s'attend à ce qu'ils cherchent à réduire le risque affectant leur revenu.

L'adoption, la diffusion et l'utilisation des pratiques de protection alternatives

Carpentier *et al.* (2005) distinguent essentiellement deux types de pratiques de protection des cultures alternatives à la lutte chimique :

- Les pratiques reposant sur des techniques ne modifiant que la protection phytosanitaire : lutte biologique, lutte mécanique, techniques de dépistage des infestations, utilisation des prévisions des infestations ;

- Les pratiques reposant sur des techniques affectant la protection phytosanitaire et les autres choix de production : choix de variétés peu sensibles aux maladies (mais qui peuvent être moins productives que des variétés sensibles, ou de valeur commerciale moindre), modification des dates de semis ou de la fertilisation pour limiter les risques sanitaires...

Le point commun de la plupart des systèmes de protection à faible usage de pesticide est qu'ils impliquent plusieurs facteurs de production (travail, capital, matériel, etc.). Dans la grille ESR, lorsqu'une seule technique alternative est adoptée en vue de réduire l'utilisation de pesticides, on parle de Substitution technique (le 'S' de la grille ESR). Dans certains cas, ces techniques peuvent avoir une efficacité intrinsèque importante, et suffire à réduire de façon significative le recours aux pesticides (binage du maïs, confusion sexuelle et filets anti-insectes en arboriculture...).

Carpentier *et al.* (2005) analysent de manière détaillée les déterminants de l'adoption de techniques alternatives à la lutte chimique mis en évidence dans la littérature sur le sujet. Pour ce faire, ils proposent de bien distinguer les termes adoption, diffusion et utilisation de pratiques. L'adoption désigne la transition pour un agriculteur de l'utilisation d'une technique à l'utilisation d'une autre technique. La diffusion se rapporte à l'analyse agrégée de l'adoption au sein d'une population. Les théories économiques classiques de l'adoption et de la diffusion de nouvelles techniques montrent que le taux d'utilisation d'une nouvelle technique augmente faiblement à partir du moment où la nouvelle technique est disponible. Ce taux s'accélère ensuite pour ralentir quand la majorité des utilisateurs ont adopté la technique. On observe bien souvent une certaine lenteur du processus d'adoption ou de diffusion de techniques agricoles ou respectueuses de l'environnement. Carpentier *et al.* (2005) expliquent que cette lenteur a été abordée dans la littérature économique de deux manières : par la diffusion de l'information et des connaissances nécessaires à l'utilisation de ces techniques et par l'analyse de l'hétérogénéité de leurs bénéfices. Ces deux éléments constituent les principaux déterminants de l'adoption de pratiques alternatives à la lutte chimique. La question de la diffusion de l'information et des connaissances nécessaires à l'utilisation de techniques alternatives souligne l'intérêt de dispositifs comme le réseau DEPHY.

Carpentier *et al.* (2005) démontrent finalement l'importance du contexte économique dans l'adoption de pratiques alternatives à la lutte chimique. Un premier moyen pour améliorer leur rentabilité serait de subventionner leur utilisation. Cette solution n'est toutefois pas idéale pour plusieurs raisons. Tout d'abord, elle suppose que les pratiques alternatives soient connues et rôdées. Ensuite, elle contribue à

figer le comportement des agriculteurs conformément au cahier des charges préétabli qui ne correspond pas forcément au fonctionnement de leur exploitation. C'est la raison pour laquelle les économistes préfèrent le recours à une taxe sur les produits phytosanitaires utilisés. Le problème d'un tel instrument, nous l'avons déjà évoqué, est la pression qu'il fait subir sur les revenus des agriculteurs si ces derniers n'ont pas d'alternative à leur disposition. La voie suivie par le plan Ecophyto consiste à développer la recherche en matière de pratiques alternatives (Réseau de fermes de démonstration DEPHY), les formations et les conseils à destination des agriculteurs (obligation de détention d'un certificat nommé Certiphyto pour utiliser les produits phytosanitaires⁴, guide STEPHY de conception de stratégies de protection des cultures économes en pesticides). Le développement de la recherche quant à la performance économique et environnementale de pratiques alternatives contribue à réduire en partie le risque et l'incertitude liés à l'adoption de ces pratiques.

Dans le cas de pratiques alternatives réduisant les pollutions et qui sont plus intéressantes économiquement pour l'agriculteur que la lutte chimique, on parle de pratiques gagnantes-gagnantes au sens de Porter (Porter et Van der Linde, 1995). À supposer qu'elles existent, la question demeure de savoir pourquoi elles ne sont pas adoptées. Un élément majeur d'explication repose sur le concept de verrouillage technologique. Cowan et Gunby (1996) analysent le développement de la lutte chimique et montrent en quoi ce développement a conduit à cette situation de verrouillage. Ils mettent en évidence les déterminants d'un tel verrouillage qui sont essentiellement liés à l'information (aversion à l'adoption de techniques mal maîtrisées et incertitudes, apprentissage nécessaire à l'adoption de telles techniques) et à la coordination (effets de voisinage importants). Wilson et Tisdell (2001) mettent quant à eux en évidence que l'augmentation de la productivité permise par l'utilisation des pesticides fait baisser les prix et « condamne » ceux qui utilisent les pesticides car le retour en arrière est rendu d'autant plus difficile. Par ailleurs, cette idée de verrouillage est intimement liée à celle de dépendance vis-à-vis de l'histoire. Milgrom, Qian et Roberts (1991) montrent que lorsqu'une technique s'impose à un moment donné, elle est à l'origine d'une évolution qu'il est difficile de modifier en raison de ses fortes complémentarités techniques et des innovations induites par ces complémentarités. Par exemple, le fait que la lutte chimique se soit imposée à un moment donné rend le retour en arrière d'autant plus difficile que ce processus génère une demande en innovations permettant d'utiliser au mieux les produits chimiques, au détriment d'autres innovations relatives aux pratiques alternatives à l'utilisation de pesticides.

Vers des modifications profondes des systèmes de culture et de production

Nous proposons dans cette section d'étudier la possibilité de reconception des systèmes de culture et de production (R de la grille ESR) en référence au fait que les agriculteurs peuvent utiliser un ensemble cohérent de moyens de lutte. Il

s'agirait pour eux d'utiliser tous les moyens de lutte disponibles selon le contexte, afin de réduire d'autant les risques de dommages liés aux bioagresseurs, et donc le recours aux pesticides.

Carpentier *et al.* (2005) mettent en évidence l'importance du capital humain parmi les déterminants de l'utilisation des techniques de lutte intégrée que l'on peut trouver dans la littérature. Ainsi, l'éducation de l'exploitant, l'insertion des agriculteurs dans un réseau de conseil et l'effort de recherche publique local pour l'innovation dans le domaine de la lutte intégrée semblent être des facteurs essentiels de l'adoption de ces techniques. Par ailleurs, les études mettent en évidence que plus une exploitation est rentable, plus son dirigeant est en mesure de supporter les coûts liés à l'utilisation de techniques de lutte intégrée. Carpentier *et al.* (2005) expliquent en effet que les études expérimentales en grandes cultures montrent que la baisse de rendements liée à l'adoption de ces pratiques et l'augmentation des coûts induits par la mécanisation spécifique et les charges de travail ne sont pas toujours compensées par la baisse des coûts de production en pesticides, engrais et semences, en conditions réelles.

L'étude en termes microéconomiques de la reconception des systèmes de production n'est pas directe. En effet, d'un point de vue microéconomique, la notion d'ensemble cohérent de moyens de lutte fait référence à une cohérence économique. Cohérence économique et environnementale peuvent être conciliables mais peuvent également être concurrentes. Même s'il a pu être démontré que certains ménages agricoles peuvent être prêts à sacrifier une partie de leur revenu pour adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement (Dupraz *et al.*, 2003), il s'agit pour la puissance publique d'agir de manière plus marquée sur les objectifs des agriculteurs pour qu'ils intègrent plus systématiquement l'effet de leurs pratiques sur l'environnement et, plus largement, leur multifonctionnalité. L'évolution de la PAC vers une prise en compte de la production de biens publics par les agriculteurs est une première étape. Cette étape est nécessaire car il est bien connu des économistes que le principal problème de la production de biens publics est celui de son financement. Sur la base d'une revue de littérature, Carpentier *et al.* (2005) remarquent que l'utilisation de la production biologique est au moins autant développée que celle de la production intégrée alors qu'elle est plus contraignante dans la mesure où son cahier des charges supprime tout traitement avec des pesticides de synthèse. Les auteurs expliquent ce phénomène par le fait que l'agriculture biologique est subventionnée dans certains pays et par le fait que le prix de vente de produits issus de l'agriculture biologique est généralement bien plus élevé que pour d'autres produits. Ce constat pose la question de la valorisation économique des produits issus de la production intégrée. Une telle valorisation nécessiterait une information transparente quant aux nombres de passages de pesticides dont les produits agricoles ont fait l'objet.

Conclusion

Pour conclure, l'analyse économique de la régulation des pollutions par les pesticides a deux objectifs principaux. Le premier est relatif à la définition du niveau socialement op-

⁴ Ce dispositif vise également la réduction de l'exposition des agriculteurs aux produits chimiques et ainsi des effets sanitaires liés à cette exposition.

timal d'utilisation de pesticides et le second à l'étude des instruments permettant d'atteindre cet objectif à moindre coût pour la société. Le plan Ecophyto fixait initialement l'objectif de réduction de l'utilisation des pesticides à 50%. Jacquet *et al.* (2011) montrent que cet objectif nécessite l'adoption généralisée de systèmes encore peu développés aujourd'hui comme la production intégrée et l'agriculture biologique. La production intégrée semble être la voie à privilégier dans une perspective où l'on souhaiterait optimiser le compromis entre productivité et impact environnemental (Lechenet *et al.*, 2014). Les raisons du manque de développement de ces systèmes de production semblent actuellement être essentiellement liées au manque de connaissances agro-économiques les concernant.

Le réseau DEPHY est un outil probablement unique au monde, à la fois pour la démonstration de systèmes économes en pesticides, et pour combler ces lacunes de connaissances sur les stratégies agronomiques qui permettent de concilier la faible dépendance aux pesticides avec les différentes composantes de la durabilité. Ces connaissances doivent elles-mêmes être valorisées par le conseil agricole qui doit se les approprier pour travailler à engager les agriculteurs hors-DEPHY dans cette démarche vertueuse. Dans ce domaine, il y a probablement des outils de valorisation et des modalités de conduite du conseil à inventer avec cette perspective de généralisation des pratiques économes.

Pourtant, il n'est pas certain que la démonstration de l'existence de systèmes vertueux et de trajectoires de changement remarquables suffise à entraîner l'ensemble de la profession. La majorité des agriculteurs a probablement une motivation moindre pour la thématique ECOPHYTO que les pionniers du changement identifiés dans le réseau DEPHY. Certaines situations de production favorisent en outre peu le changement, par exemple dans les régions où les leviers de gestion des bioagresseurs associés aux productions fourragères ne sont pas accessibles, ou dans les bassins de production de cultures industrielles à forte valeur ajoutée et à exigences de qualité draconiennes. L'indicateur NODU n'a pas marqué de tendance pluriannuelle à la baisse depuis le lancement du plan ECOPHYTO. Si les pouvoirs publics veulent atteindre les objectifs ambitieux affichés pour le plan, il est probable qu'il faudra envisager d'autres leviers d'action incitant au changement. Ces leviers incitatifs doivent viser les agriculteurs, sous la forme de taxes redistribuées ou d'aides éco-conditionnelles, mais également l'ensemble du paysage agricole et agro-alimentaire, car les changements profonds de pratiques agricoles ne peuvent se faire sans accompagnement de l'environnement technico-économique des exploitations : les filières ont une lourde responsabilité pour accompagner la nécessaire diversification des productions en contribuant à l'organisation de débouchés redistribués sur le territoire national (Meynard *et al.*, 2013), et les circuits de distributions doivent réfléchir au déblocage des verrous limitant les possibilités de valorisation commerciale des produits issus d'une agriculture vertueuse, notamment en permettant l'accès des consommateurs à l'information sur la valeur environnementale des produits qu'ils consomment.

Remerciements

Le réseau DEPHY est conduit dans le cadre du plan ECOPHYTO piloté par le Ministère en charge de l'agriculture et financé par l'ONEMA. Merci aux 1900 agriculteurs qui s'engagent bénévolement dans cette démarche, et aux Ingénieurs Réseaux animateurs de groupe qui contribuent à la vie du réseau.

Bibliographie

Aubertot, J.-N., Robin, M.-H. (2013). Injury Profile SIMulator, a qualitative aggregative modelling framework to predict crop injury profile as a function of cropping practices, and the abiotic and biotic environment. I. Conceptual bases. *PLoS One*, 8(9), e73202. doi:10.1371/journal.pone.0073202.

Aubertot, J.N., Barbier, J.M., Carpentier, A., Gril, J.J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Savini, I., Voltz, M., (eds) (2005). Pesticides, agriculture et environnement : réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux, Synthèse du rapport d'expertise, 64 p.

Baldi, I., Cordier S., Coumoul, X., Elbaz A., Gamet-Payrastré, L., Lebailly, P., Multigner, L., Rahmani, R., Spinosi, J., Van Maele-Fabry, G., (2013). Pesticides : Effets sur la santé, une expertise collective de l'Inserm. Ed. INSERM, France.

Baumol, W.J., Oates, W.E., (1988). The theory of environmental policy. Ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Bontems, P., Rotillon, G., (2003). Economie de l'environnement. Ed. La Découverte, Paris.

Boussemart, J.P., Leleu, H., Ojo, O., (2013). The spread of pesticide practices among cost efficient farmers, *Environmental Modeling and Assessment* 18, 523-532.

Butault, J.P., Dedryver, C.A., Gary, C., Guichard, L., Jacquet, F., Meynard, J.M., Nicot, P., Pitrat, M., Reau, R., Sauphanor, B., Savini, I., Volay, T., (2010). Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ?, 90 p.

Carpentier, A., Barbie, J.M., Bontems, P., Lacroix, A., Laplana, R., Lemarié, S., Turpin, N., (2005). Aspects économiques de la régulation des pollutions par les pesticides, Chapitre 5, Rapport de l'expertise collective INRA/CEMAGREF : Pesticides, agriculture et environnement. Ed. INRA, Paris, 261 p.

Chung, Y.H., Färe, R., Grosskopf, S., (1997). Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach, *Journal of Environmental Management* 51, 229-240.

Coelli T., Lauwers, L., Van Huylenbroeck, G., (2007). Environmental efficiency measurement and the materials balance condition, *Journal of Productivity Analysis* 28, 3-12.

Cowan, R., Gunby, P., (1996). Sprayed to death : Path dependence, lock-in and pest control, *Economic Journal* 106(436), 521-43.

Dupraz, P., Vermersch, D., Henry de Frahan, B., Delvaux, L., (2003). The Environmental Supply of Farm Households, *Environmental and Resource Economics*, 25, 171-189.

Freeman, A.M., (1993). The Measurement of Environmental and Resource Values, Theory and Methods. Ed. Resources For the Future, Washington D.C.

Gasquez, J., Guillemain, J.-P., Gauvrit, C., Chauvel, B. (2013). Réduction du nombre de molécules herbicides : conséquences par culture. Problématique particulière de la gestion de la flore adventice. In : 22e Conférence du COLUMA, Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. : Association Française de Protection des Plantes, 577-588.

Hill, S.B, Mac Rae, R.J., (1996). Conceptual frameworks for the transition from conventional to sustainable agriculture, *Journal of sustainable agriculture*, 7(1), 81-87.

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

Lechenet, M., Bretagnolle, V., Bockstaller, C., Boissinot, F., Petit, M.S., Petit, S., Munier-Jolain, N., (2014). Reconciling Pesticide Reduction with Economic and Environmental Sustainability in Arable Farming. *Plos One*, 9 (6).

Mahé, L.P., Rainelli, P., (1987). Impact des pratiques et des politiques agricoles sur l'environnement, *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurales* 4, 9-31.

Meynard, J.M., Messéan, A., Charlier, A., Charrier, F., Fares, M., Le Bail, M., Magrini, M.B., Savini, I. (2013). Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Synthèse du rapport d'étude, INRA, 52 p.

Milgrom, P., Qian, Y., Roberts, J., (1991). Complementarities, Momentum, and the Evolution of Modern Manufacturing, *American Economic Review* 81(2), 84-88.

Ministère de l'agriculture et de la pêche, (2008). Plan Eco-phyto 2018, 21 pages.

OCDE, (1999). Les approches volontaires dans les politiques de l'environnement. OCDE Paris.

Picazo-Tadeo, A.J., Beltrán-Esteve, M., Gómez-Limón, J.A., (2012). Assessing eco-efficiency with directional distance functions, *European Journal of Operational Research* 220(3), 798-809.

Porter, M.E., Van der Linde, C., (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship, *Journal of Economic Perspectives* 9, 97-118.

Wilson, C., Tisdell, C., (2001). Why Farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs, *Ecological Economics* 39, 449-462.