

## NOTE TECHNIQUE



# PERSPECTIVES POUR LA RÉDUCTION DE L'IMPACT DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES ET DU NITRATE SUR LA QUALITÉ DES EAUX en grande culture et polyculture élevage

# Sommaire

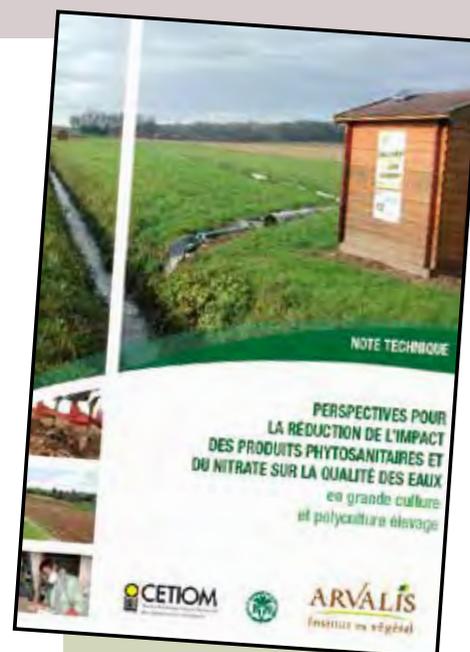
## Note technique

### **PERSPECTIVES POUR LA RÉDUCTION DE L'IMPACT DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES ET DU NITRATE SUR LA QUALITÉ DES EAUX en grande culture et polyculture élevage**

Introduction .....	3
Etat des connaissances sur les transferts de substances actives .....	6
Principaux modes de transferts et premières recommandations pour les limiter .....	13
Risque Nitrate et moyens de prévention .....	16
Des outils pour diagnostiquer les risques et proposer des solutions .....	20
Exemples de solutions pour maîtriser les transferts de produits phytosanitaires à la parcelle et au bassin-versant .....	23
Conclusion: Associer l'optimisation des intrants et la maîtrise des transferts .....	30

## GLOSSAIRE

AAC:	Aire d'Alimentation de Captage
BAC:	Bassin d'Alimentation de Captage
BCAE:	Bonnes conditions agronomiques et environnementales
CMA :	Concentration Maximale Admissible
DCE:	Directive cadre eau
MAE:	Mesure agro-environnementale
MAEt:	Mesure Agro-environnementale territorialisée
ppb :	Partie pour milliard (1 µg/kg)
PVE:	plan végétal environnement
SA:	Substance Active
SAGE :	Schéma d'Aménagement et Gestion des Eaux
SDAGE:	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
ZNT:	Zone non traitée
ZSCE:	Zone soumise à contraintes environnementales



Réalisation  
Service Communication Marketing  
ARVALIS - Institut du végétal.  
© photos :  
ARVALIS - Institut du végétal,  
D. Lasserre, A. Fortin, N. Corneic

ISBN 978-2-8179-0098-8 - Ref: 988  
Dépôt légal janvier 2012

ARVALIS - Institut du végétal  
3, rue Joseph et Marie Hackin  
75116 PARIS  
Tél. : 01 44 31 10 00



01

# Introduction

## PLUSIEURS RÉGLEMENTATIONS VISANT À AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'EAU

De nombreuses directives relatives à l'eau ont été adoptées par l'Europe depuis les années 70 : directive dite « Baignade » de 1975, directive dite « Eau potable » de 1980 ou encore la directive dite « ERU » relatives aux eaux résiduaires urbaines de 1991.

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 vise à harmoniser et simplifier la politique européenne de l'eau fondée jusqu'alors sur ces textes successifs.

La **DCE**, transposée en droit français par la loi du 21 avril 2004, se fixe pour objectif le bon état écologique des eaux à échéance de 2015. Elle est appliquée en France à travers les SDAGE, Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Les programmes de mesures, en cours d'élaboration, constituent l'ensemble des actions prises sur le terrain pour mettre les pratiques culturales en adéquation avec les objectifs de la directive. Le **SDAGE** fixe les grandes orientations de la politique de l'eau sur un grand bassin hydrographique et définit les règles de gestion de l'eau et les moyens à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif d'une « gestion durable et solidaire de la ressource en eau ».

Toutes les décisions prises dans le domaine de l'eau doivent être compatibles avec ce document. Le **SAGE** est la déclinaison locale du SDAGE, il doit lui être compatible.

Le programme national de réduction de l'usage des pesticides appelé **Plan Ecophyto 2018** est issu des discussions du « Grenelle Environnement ».

Il représente également la réponse de la France face à l'obligation de rédiger un plan de réduction des risques liés aux produits phytosanitaires exigé par la Directive cadre européenne sur l'utilisation durable des pesticides (Directive 2009/128/CE)

Selon cette directive, chaque état doit établir un plan national pour réduire les risques avant le 14/12/12 avec des objectifs quantifiés, mais la Directive n'impose pas la réduction des utilisations.

L'objectif général du plan Ecophyto 2018 est repris dans la loi Grenelle 1 promulguée en août 2009 :

*« réduction de moitié des usages de produits phytosanitaires et des biocides en 10 ans, si possible, en accélérant la diffusion des techniques alternatives sous réserve de leur mise au point, et en facilitant les procédures d'autorisation de mise sur le marché des préparations naturelles peu préoccupantes ».*

Diffusé en septembre 2008, le plan Ecophyto 2018 comprend à ce jour 9 axes et 113 mesures. Il doit être considéré comme une **boîte à outils** permettant d'atteindre l'objectif de réduction de 50 % des utilisations. La plupart des mesures présentées sont de nature volontaire. La fonction de production de l'agriculture française ne doit toutefois pas être remise en cause. Le plan n'intègre pas les retraits de produits jugés les plus dangereux, mesure également prévue dans le cadre de la loi Grenelle1.

A l'issue du Grenelle de l'environnement, la loi du 3 août 2009 prévoit d'assurer la protection de **507 captages** les plus menacés par les pollutions diffuses, sur les 34 000 captages d'eau potable. Il convient de préciser que les pollutions visées sont celles qui proviennent des produits phytosanitaires et celle qui provient du nitrate. Ces deux types de substances font l'objet de réglementations quant à leur concentration dans les eaux potables.

Un programme d'actions spécifique sur ces captages prioritaires doit permettre d'assurer une qualité conforme à la DCE d'ici 2015. Pour ce faire, un diagnostic de l'Aire d'Alimentation de Captage (**AAC**) est d'abord réalisé puis des mesures sont proposées aux agriculteurs pour faire évoluer leurs pratiques en vue de réduire la teneur en nitrate ou en pesticides de l'eau du captage. Jusqu'en 2015 les mesures sont basées sur le volontariat et peuvent être financées par des **MAEt** (Mesures agro-environnementales territorialisées).

**Les moyens pour réduire les risques de transfert des produits phytosanitaires et préserver la qualité de l'eau.**

Les pratiques culturales, même au sein d'un territoire « homogène » sont diverses, résultant de l'interaction entre des paramètres « imposés » (sol, climat, réglementation...) et des décisions prises par les agriculteurs en vue de répondre d'abord à une exigence de rentabilité et aussi de plus en plus de protection de l'environnement. Compte tenu de cette diversité de situations et de pratiques, il est logique de penser que l'objectif de réduction des impacts sur la qualité de l'eau (plan Ecophyto 2018, mesures spécifiques AAC...) prendra probablement des chemins techniques variés. Les connaissances actuelles sur les possibilités de réduire l'effet des produits phytosanitaires sans dégrader la performance économique, permettent d'identifier plusieurs voies possibles :

- augmenter l'efficacité des produits phytosanitaires,
- remplacer certaines interventions chimiques par d'autres techniques de protection,
- reconcevoir des systèmes de culture peu exigeants en techniques de protection contre les bio-agresseurs.

Ces leviers peuvent être approfondis ou combinés entre eux pour construire des solutions rentables et techniquement économiques en produits phytosanitaires, adaptées à chaque situation. Concernant le cas des grandes cultures et de façon concrète les voies de progrès peuvent s'appuyer sur 5 types d'actions différentes mobilisables assez rapidement pour la plupart d'entre elles :

1. la diversité et le progrès génétique, notamment pour développer ou valoriser les résistances génétiques aux parasites (maladies et ravageurs),
2. le pilotage des cultures au moyen des outils d'aide à la décision et l'optimisation des techniques d'application des produits de protection,
3. la valorisation des leviers agronomiques pour atténuer les risques,
4. la mise en œuvre de techniques alternatives de lutte, n'utilisant pas de produits phytosanitaires,
5. le déploiement de rotations culturales et systèmes de culture prenant mieux en compte (atténuant) les risques de développements parasitaires.

A ces moyens permettant de limiter et d'optimiser l'usage des produits phytosanitaires, il convient d'ajouter l'ensemble des techniques qui visent à maîtriser les risques de transferts vers les eaux. A ce niveau on distingue deux types de solutions qui dans la pratique doivent être associées :

6. La maîtrise des pollutions ponctuelles, responsables selon de nombreux auteurs, d'une part importante des pollutions (notamment des eaux de surface).
7. La maîtrise des pollutions diffuses qui se déroulent au champ et font intervenir de nombreux paramètres en interaction : substance active, caractéristiques du sol, époque d'application, dose utilisée, aménagements parcellaires...

## MÉTHODES PRÉVENTIVES ET PROTECTION ACTIVE SONT COMPLÉMENTAIRES

Si les techniques préventives (choix de variétés tolérantes, choix des rotations...) permettent d'envisager une réduction des usages et des impacts, elles sont insuffisantes à elles seules pour endiguer l'ensemble des pressions parasitaires. La protection chimique des cultures reste donc une technique utile qui, si elle est bien maîtrisée (utilisation d'OAD, techniques de pulvérisation), permet de concilier une agriculture rentable, productive et respectueuse de l'environnement. Les principales fonctions assignées à la protection sont :

### Lever la concurrence des parasites

Pour avoir une production optimale, les plantes doivent être protégées contre les maladies, les insectes et autres bio-agresseurs. A titre d'exemple un blé non protégé contre les maladies perdra en moyenne 17 quintaux/ha (de 0 à 70 q/ha suivant les variétés, les lieux et les années) soit plus de 8 millions de tonnes par an pour la production française. Sur pois, la nuisibilité moyenne des maladies est de 7 q/ha (de 0 à 20 q/ha suivant les variétés, les lieux et les années). Sur pomme de terre cette nuisibilité est de 8 tonnes/ha avec des extrêmes de 0 à 30 t/ha.

Les insectes entraînent aussi directement ou indirectement (viroses) des dégâts importants : 10 q/ha sur blé (de 0 à 35 q/ha), 13 q/ha sur maïs grain (de 0 à 50 q/ha), 7 q/ha sur pois (de 0 à 30 q/ha) et 2 t/ha sur pomme de terre (de 0 à 20 t/ha).

Concernant la nuisibilité des adventices, la concurrence des mauvaises herbes s'exerce de façons directe et indirecte :

- La concurrence directe entre la culture et les adventices (compétition pour la lumière, les éléments minéraux, etc.), peut faire perdre en moyenne 5 q/ha sur blé (de 0 à 20 q/ha), 20 q/ha sur maïs grain (de 0 à 100 % du potentiel de rendement) 3 q/ha sur pois, 30 q/ha sur sorgho (de 0 à 100 % du potentiel de rendement) et jusqu'à 10 t/ha sur pomme de terre.
- La concurrence indirecte est beaucoup plus insidieuse car elle consiste, en cas de désherbage insuffisant, en la reconstitution du stock grainier de la parcelle, qui posera des problèmes de gestion dans les cultures suivantes. A titre d'exemple, un pied de coquelicot peut produire plusieurs milliers de graines qui contamineront le sol et donc germeront les années suivantes avec une durée de vie dans le sol d'environ 60 ans...

### Préserver la qualité sanitaire

Non seulement les bio-agresseurs diminuent le potentiel de production mais ils peuvent aussi dégrader la qualité sanitaire des récoltes. C'est le cas des fusarium, champignons sur blé et maïs qui affectent la faculté germinative des semences produites, la qualité technologique du grain et surtout qui produisent des mycotoxines. Ils font désormais l'objet d'une réglementation européenne qui définit par exemple pour les mycotoxines

« DON », les seuils de 1 250 ppb sur des grains brut de blé tendre, de 1 750 ppb pour le blé dur et l'avoine, et de 750 ppb pour les farines de céréales.

Les insectes comme les cécidomyies sur blé, les bruches sur protéagineux dont les larves se nourrissent des grains affectent directement leur qualité...

### Respecter la réglementation

Dans certaines situations, ce sont les pouvoirs publics qui rendent obligatoire la lutte contre divers parasites. C'est le cas chaque année de l'Ambrosie en région Rhône Alpes. Cette dicotylédone invasive provoque par son pollen des allergies graves à 12 % de la population entre août et septembre. Face à cette situation, à partir de l'an 2000, les pouvoirs publics ont été amenés à prendre des mesures réglementaires rendant son contrôle obligatoire sur l'ensemble du territoire. Les collectivités et exploitants de voies de communication ont la même obligation. Le désherbage mécanique étant difficile voire impossible dans certaines cultures, c'est grâce aux herbicides appliqués en culture et à une bonne gestion des intercultures par des moyens mécaniques qu'il est possible de lutter contre l'ambrosie.

## CONNAÎTRE LES DANGERS ET MAÎTRISER LES RISQUES

En conclusion, il est manifeste que les produits phytosanitaires sont non seulement utiles mais réellement indispensables pour assurer des productions agricoles de qualité en quantités suffisantes et régulières pour approvisionner les marchés. Il est tout à fait possible de les utiliser en préservant l'environnement. En effet, le risque de pollution par un produit phytosanitaire n'est pas uniquement lié à ses propriétés physico-chimiques. Les interactions entre le produit et ses conditions d'application (conditions de préparation de la bouillie, météo, type de sol, statut hydrique du sol lors de l'application, situation de la parcelle...) sont le plus souvent responsables des dangers pour l'utilisateur et l'environnement. Ainsi, pour réduire un risque de pollution de façon significative, il n'est pas toujours nécessaire d'interdire l'emploi du produit en question (ce qui pourrait conduire à des impasses techniques néfastes pour le système de production concerné) mais bien de diagnostiquer les risques de transfert, d'agir et d'encadrer ses conditions d'utilisations.

**Figure 1 :** Facteurs intervenant dans le transfert d'une substance active dans l'environnement. Les quantités appliquées sont un facteur de risque mais dans un ensemble d'interactions avec le milieu, le climat et les pratiques qui en font un élément parmi beaucoup d'autres. Ce schéma donne des indications sur les leviers possibles pouvant permettre de maîtriser le risque.





© N. Cornec

02

# État des connaissances sur les transferts de substances actives

## LA CONTAMINATION DES EAUX : NE PAS CONFONDRE DÉTECTION ET TOXICITÉ

Dans un certain nombre de rapports (ex : IFEN, août 2006...) les détections sont présentées comme des quantifications alors qu'il s'agit à la fois de quantification et de détection. Quelle est la différence ? **Une quantification permet d'être certain de la présence de la substance alors que la détection, dont le seuil est inférieur au seuil de quantification, ne permet que de supposer la présence de la substance.** D'autre part, les seuils de quantification sont inférieurs aux normes réglementaires de 0,1 et 0,5 µg/l pour l'eau destinée à la consommation, ou à la norme écosystème aquatique de 2 µg/l pour les eaux superficielles. Les valeurs de 0,1 µg/l ainsi que de 0,5 µg/l ne sont pas des normes de toxicité. 0,1 µg/l correspond au seuil de quantification global qui existait lors des premières rédactions de la directive Eau Potable à la fin des années 1970 et signifiait donc : absence de résidus de phytosanitaires dans l'eau. Depuis, les méthodes d'analyse ont beaucoup progressé et pour la plupart des substances actives les seuils de quantification peuvent descendre à 0,05 µg/l voire 0,02 µg/l.

Le rapport IFEN 2006 mentionne la « détection d'au moins un produit phytosanitaire » dans 96 % des points d'eau. En effet, 49 % des points d'eau ont une qualité moyenne à mauvaise mais seulement 10 % ont des teneurs qui peuvent affecter de manière importante les équilibres écologiques ou sont impropres à la production d'eau potable. Pour les eaux souterraines, si 61 % des 910 points de suivi ont permis de détecter la présence d'au moins une substance, 27 % sont de qualité moyenne à mauvaise et nécessiteraient un procédé d'élimination des phytosanitaires pour produire de l'eau potable. Dix de ces points nécessiteraient une autorisation exceptionnelle du ministre de la santé s'ils étaient utilisés pour la production d'eau potable. Rappelons que la base de données IFEN contient plus de 12 millions de résultats d'analyse sur la période 1997-2006. A titre d'exemple, **depuis 2001, 97 % des résultats sont inférieurs à la Limite de Quantification et 99 % des analyses sont conformes à la CMA de 0,1 µg/l.**

La publication récente des données 2007 montre que le dépassement de la CMA de 0,5 µg/l concerne 18 % des résultats en eau superficielle et 3,8 % pour les eaux souterraines. Parmi les 15 substances actives (SA) les plus quantifiées dans les eaux

souterraines figurent 10 SA interdites depuis plusieurs années ou leur métabolite. Les 5 autres SA sont :

- le **diuron** (usage non agricole) avec une fréquence de quantification de **5 %**,
  - la **bentazone** (maïs, lin, pois, prairie) avec une fréquence de **4,6 %**,
  - le **S-métolachlore** (maïs) avec une fréquence de **2,7 %**,
  - l'**AMPA** qui est le métabolite du glyphosate avec une fréquence de **1,7 %**. A noter que cette substance n'est pas un métabolite pertinent au sens de la Directive 91/414 puisqu'il ne présente aucun effet biocide. D'autre part, sa présence peut également être due à l'infiltration de résidus d'eau de lessive ou à la dégradation de certains matériaux plastiques,
  - le **chlortoluron** avec une fréquence de quantification de **1,3 %**.
- La fréquence de quantification de l'isoproturon (IPU), est de 1 % alors que sa fréquence de recherche est de 99,2 %.

## CONTAMINATION PONCTUELLE : UNE DES PRINCIPALES CAUSES DE POLLUTION DES EAUX DE SURFACE

**L'exemple de la Hesse en Allemagne (K. Müller, M. Bach, H.-G. Frede, H. Hartmann, J. Burhenne et M. Spitteller, Université de Giessen, Département d'Ecologie Agricole et de Management des Ressources Naturelles)**

Différentes études réalisées en Allemagne par le ministère de l'environnement de la Hesse et l'Université de Giessen ont montré que 60 à 80 % des flux de produits phytosanitaires mesurés dans deux rivières provenaient des **vidanges de fonds de cuve et des lavages de pulvérisateurs**. Ces études ont été menées pendant les périodes d'application des herbicides en automne et au printemps durant plusieurs années. Dans les zones étudiées, toutes les eaux pluviales des cours de ferme, des chemins d'accès et des routes conduisant aux champs sont collectées et passent par une station d'épuration avant de rejoindre la rivière. Deux stations de mesures avaient été installées sur les rivières : une dans le cours d'eau drainant le bassin agricole où il n'y avait aucun bâtiment rural et une seconde juste en dessous du confluent de la rivière et des rejets de la station d'épuration. Une décomposition par matières actives lors de l'année 1994 est fournie dans le *tableau 1*.

Avec ces études menées en Allemagne et présentées lors du programme Européen Life TOPPS on constate que sur 5 bassins versants de 7 à 1900 km<sup>2</sup>, les pollutions ponctuelles sont responsables de **65 à 95 % de la contamination des eaux**. (Frede, 2006) grâce à des actions de sensibilisation et de formation des agriculteurs associées à la sécurisation des cours de ferme et des effluents phytosanitaires, il a été possible de réduire l'ampleur de ces contaminations de **61 à 82 %**. De la même façon en Belgique, un programme développé par le CRA de Gembloux a montré que 70 % des contaminations de la rivière Nil provenaient des pollutions ponctuelles (Beernaerts *et al*, 2001). Enfin, la part des

pollutions ponctuelles de la Cherwell en Angleterre a été évaluée à 40–50 % (TOPPS Forum, Germany, 2006).

Des constats similaires ont été faits dans notre pays. Aussi, d'autres exemples permettront d'illustrer des réalisations de ce type en France. Sur le bassin-versant du Péron, les pollutions des eaux superficielles étaient intégralement d'origine ponctuelle. Dans le cadre du Programme CASDAR « Gestion durable de l'eau » (2007-2009) une enquête montre que sur 55 actions bassins versants identifiées qui concernent la contamination des eaux par les produits phytosanitaires, seules 16 se sont préoccupées de cette origine.

## Conclusion et perspectives

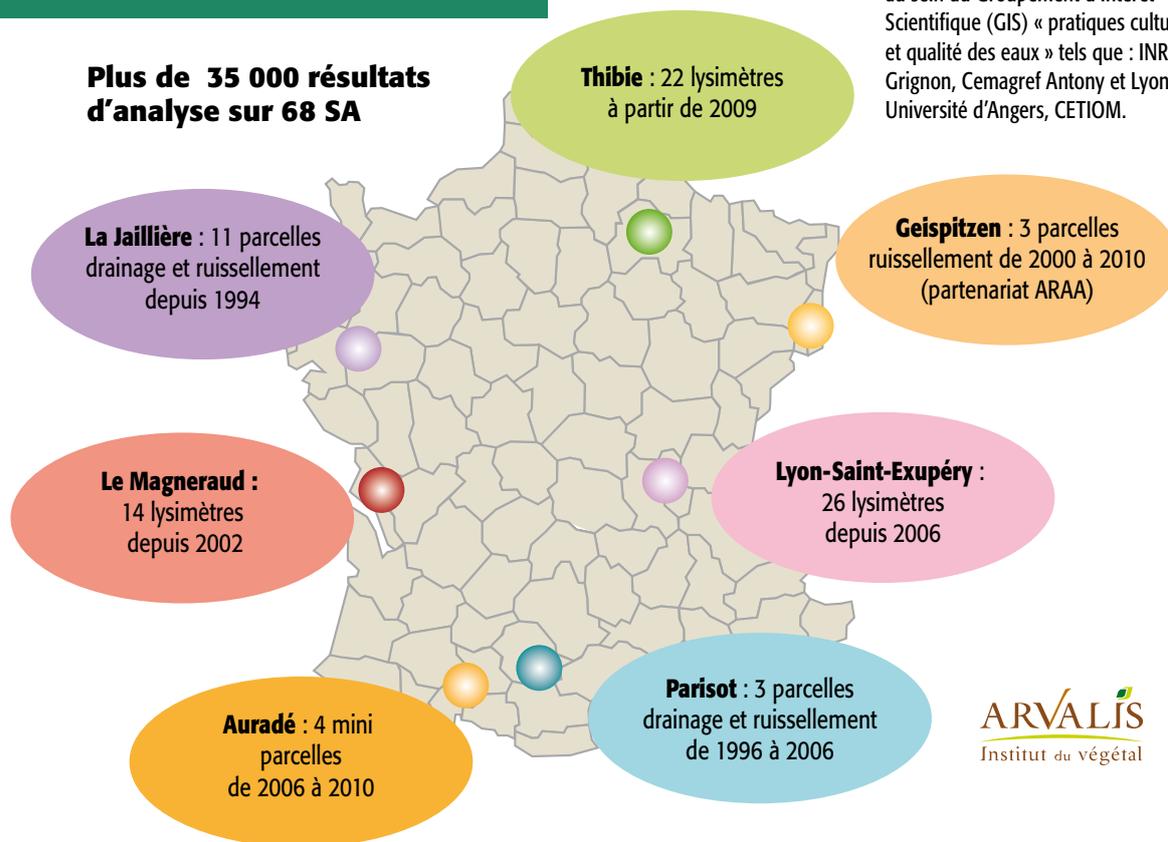
Même s'il est difficile de déterminer la contribution exacte des contaminations ponctuelles dans les problèmes de contaminations des eaux dans chacun des contextes agro-climatiques, il est clair que ces phénomènes y contribuent fortement. Ainsi, un plan de réduction des risques de pollutions des eaux par les produits phytosanitaires devrait proposer des mesures visant les contaminations ponctuelles et diffuses...

De par l'arrêté ministériel du 12 septembre 2006, les agriculteurs sont déjà tenus de mettre en application une série de mesures réduisant fortement les risques de pollutions ponctuelles (protection du réseau d'adduction d'eau, contingence des débordements de cuve, gestion du rinçage...). En outre, différentes mesures permettent d'accompagner les démarches des agriculteurs dans ce sens (MAE, Plan Végétal Environnement, formations Certiphyto...).

**Tableau 1 : Quantités de produits phytosanitaires transportés par la rivière Nidda et part de la pollution ponctuelle en 1994.**

	Total (kg)	Part due aux pollutions ponctuelles
atrazine	3,4	57 %
MCPPP	7,7	67 %
2.4b DP	6,9	63 %
isoproturon	14	61 %
diuron	10,4	64 %

**Figure 2 : Dispositifs expérimentaux pluriannuels.**



L'ensemble de ces travaux a été conduit avec l'appui de partenaires scientifiques au sein du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) « pratiques culturales et qualité des eaux » tels que : INRA Grignon, Cemagref Antony et Lyon, Université d'Angers, CETIOM.

Ces expérimentations ont bénéficié du soutien financier des régions Pays de Loire, Alsace, Poitou-Charentes, Rhône-Alpes, Champagne-Ardenne, du Conseil Général de la Marne, des Agences de l'Eau (Rhône-Méditerranée et Corse, Adour-Garonne, Seine-Normandie), de FranceAgriMer, de l'AREP, de la Chambre Régionale Champagne-Ardenne et de Syngenta.

## CONTAMINATIONS DIFFUSES, DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX ET ENSEIGNEMENTS

### Dispositif pluriannuel de suivi des transferts

Les connaissances sur les modes de transferts diffus s'appuient sur un dispositif expérimental multisites débuté en 1994 à La Jaillière (44). Le choix des sites permet d'explorer des situations pédoclimatiques variées dont les caractéristiques se sont avérées déterminantes dans le mode de transfert des substances actives.

- **La Jaillière**: limons argileux hydromorphes, drainage et ruissellement par saturation,
- **Le Magneraud**: argilo-calcaires superficiels, infiltration rapide fin de printemps, été et automne, infiltration lente en hiver,
- **Lyon - Saint-Exupéry**: alluvions fluvioglaciaires, infiltration rapide en toute saison,
- **Thibie**: terre de craie de Champagne: infiltration lente uniquement en hiver,
- **Parisot**: Boulbènes de plateau sensibles à la battance,

- **Auradé**: Terrefort du Lauragais en pentes fortes et tendant à la fissuration en été,
- **Geispitzen**: limon battant du Sundgau.

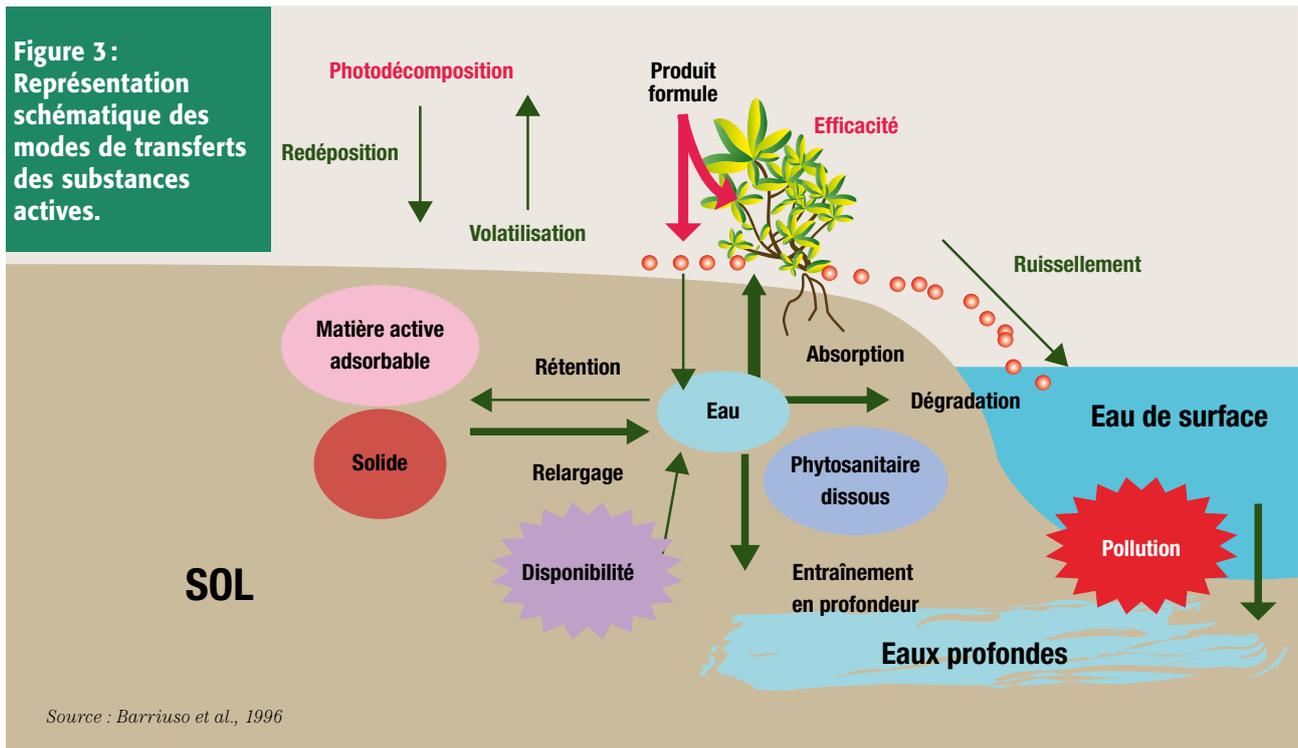
Ce sont plus de **35 000 analyses de résidus sur plus de 76 substances actives et 4 métabolites dans les eaux de drainage de ruissellement ou d'infiltration** qui permettent aujourd'hui de mieux comprendre les voies de transfert et les solutions pouvant être proposées pour réduire voire supprimer les transferts à la parcelle agricole.

L'ensemble de ces travaux a été conduit avec l'appui de partenaires scientifiques réunis au sein du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) « pratiques culturales et qualité des eaux » tels que : INRA Grignon, Cemagref Antony et Lyon, Université d'Angers, CETIOM.

### Les causes de transfert sont complexes mais des moyens diversifiés de contrôler le risque existent.

Compte tenu des processus qui pilotent le devenir des substances actives (*figure 3*), les causes de transfert de produits phytosanitaires vers les eaux sont complexes, il n'y a pas ou peu de relations directes entre les caractéristiques physico-chimiques

**Figure 3 :**  
Représentation schématique des modes de transferts des substances actives.

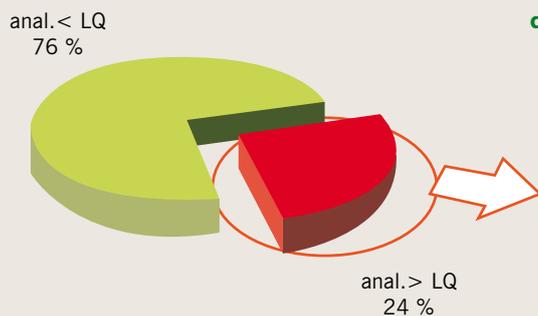


**Figure 4 : fréquences de détection des substances actives à différents seuils. La Jaillière (44).**

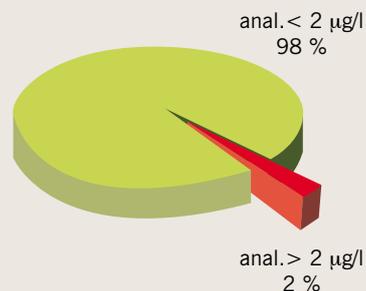
### La Jaillière : dispositif transferts de produits phytosanitaires et qualité des eaux

13 884 résultats d'analyse sur 80 substances actives (1994-2010)

**Fréquence des analyses de l'eau brute (drainage et ruissellement) par rapport au seuil de quantification (LQ)**



**Fréquence de détection des analyses de l'eau brute (drainage et ruissellement) par rapport au seuil de 2 µg/litre**



des produits et leurs transferts dans le sol ni de relation directe entre l'intensité de ces transferts et les doses appliquées.

Ce sont les interactions entre les caractéristiques physico-chimiques des produits, la dose d'application, le statut hydrique du sol et les précipitations après application qui sont déterminantes.

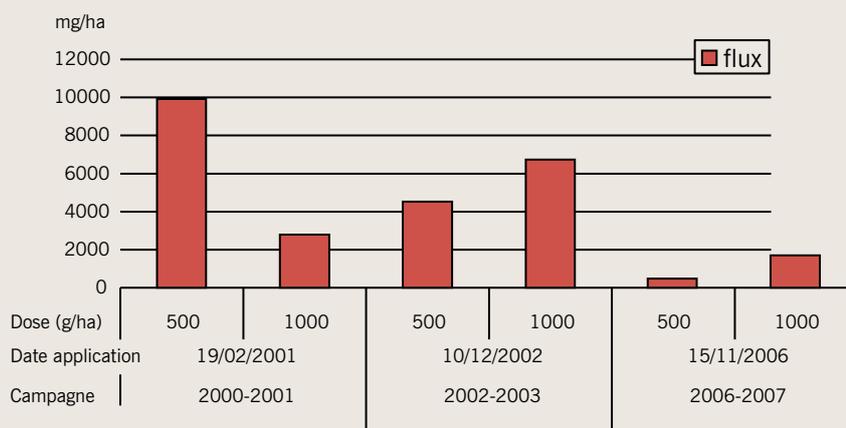
Ainsi, la réduction du risque de lessivage d'un produit peut, selon les cas, être réalisée efficacement en modifiant les conditions

d'applications sans pour autant s'interdire l'usage de la matière active correspondante.

**La proportion de substances quantifiées est faible** (figure 4)

Sur le site de La Jaillière suivi depuis 1993-1994, le dosage des substances dans les eaux de drainage et ruissellement montre

**Figure 5: Variabilité du flux (mg/ha) d'isoproturon selon de la dose appliquée sur 3 campagnes (192 données hebdomadaires).**



qu'une faible proportion d'entre elles (24 %) ont dépassé le seuil de quantification (LQ) et que seules (2 %) ont franchi le seuil de 2 µg/l.

### Certaines substances ne sont jamais quantifiées

La diversité des rotations en place sur les différents sites expérimentaux a permis au cours du temps d'appliquer un nombre important de substances actives (SA).

La première constatation qui mérite d'être soulignée est le fait qu'un nombre non négligeable de SA n'a jamais pu être quantifié, malgré les mesures répétées sur une longue durée. Selon les sites la proportion de **SA non quantifiées varie entre 26 % et 60 %** :

- La Jaillière: 21/80 SA soit 26 %,
- Le Magneraud: 17/29 SA soit 58 %,
- Lyon Saint Exupéry: 32/53 SA soit 60 %.

Cette observation apporte des éléments précieux de réflexion sur trois idées fondamentales:

1. **La réduction de l'usage à la source, proposition souvent mise en avant pour réduire l'impact des produits phytosanitaires, serait inopérante pour les cas de non quantification qui représentent de 26 à 60 % des substances actives selon les lieux.**
2. **Les substances actives n'ont pas le même devenir selon les conditions pédoclimatiques et les techniques culturales locales. A titre d'exemple, l'isoproturon appliqué en hiver à La Jaillière génère des transferts importants par drainage ou ruissellement alors qu'appliqué à la même époque au Magneraud n'engendre aucun transfert par infiltration. Ce constat suggère qu'on ne peut concevoir un plan de prévention unique et identique pour toutes les situations. Il convient d'abord d'identifier les substances qui posent problème, puis de diagnostiquer l'origine et le mécanisme de transfert, chaque lieu offrant une combinaison « sol x conditions**

**climatiques x pratiques culturales x SA » spécifique.**

3. **Le diagnostic précis de chaque situation devrait donc être le préalable incontournable de toute action de prévention.**

### Analyse et compréhension des modes de transferts sur le site de La Jaillière

Pour illustrer la diversité des modes de transfert, nous proposons d'étudier plus en détail les résultats obtenus avec deux substances actives couramment utilisées :

- l'isoproturon, herbicide des céréales essentiellement anti-graminées, appartenant à la famille des urées substituées, à faible Koc, c'est-à-dire peu retenu sur le complexe argilo-humique,
- le DFF de la famille des pyridine-carboxamides, herbicide à Koc élevé,
- le glyphosate, herbicide total, composé anionique, pas ou peu fixé par les matières organiques.

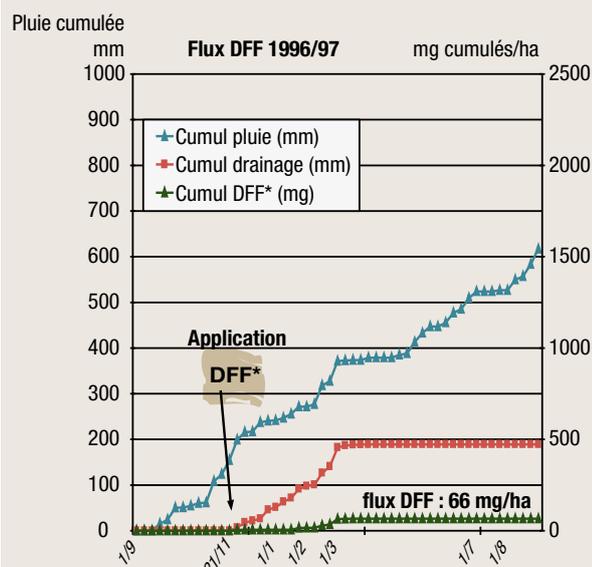
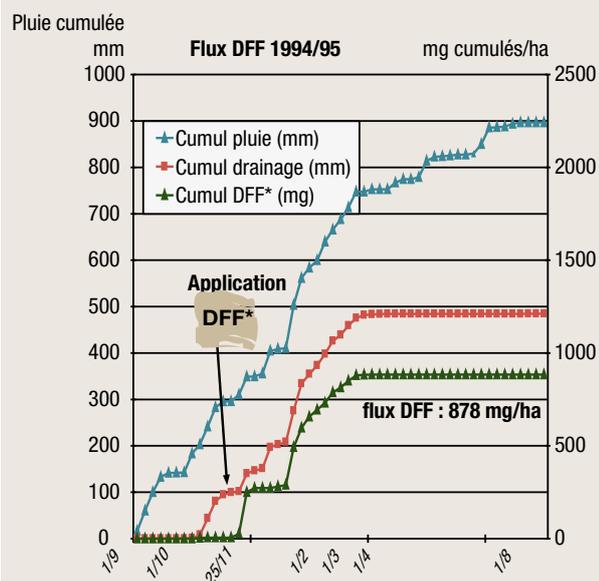
#### Cas de l'isoproturon (IPU) (figure 5)

Dans le cas de l'IPU, on constate qu'il n'y a pas d'effet systématique de la dose de substance appliquée sur la diminution des quantités drainées. Ceci suggère que d'autres mécanismes sont à l'œuvre. Il semble que les flux les plus importants sont liés à l'amorce du drainage avant l'application. Dans ce cas, on constate également que le labour favorise ce transfert par rapport aux techniques simplifiées.

#### Cas du diflufénicanil : l'amorce du drainage

Les situations illustrées à la *figure 6* (La jaillière, Résultats de 10 campagnes d'expérimentation sur les transferts de produits phytosanitaires par drainage et ruissellement) représentent deux parcelles lors de deux campagnes différentes. Toutefois, dans ces deux situations la dose de diflufénicanil, substance active herbicide du blé, était identique (120 g/ha). Dans la parcelle où le

**Figure 6 : Effet d'un décalage de la date d'application par rapport à la période de drainage sur le flux de DFF\* transféré par les eaux de drainage (site La Jaillière) (Application 120 g/ha DFF).**

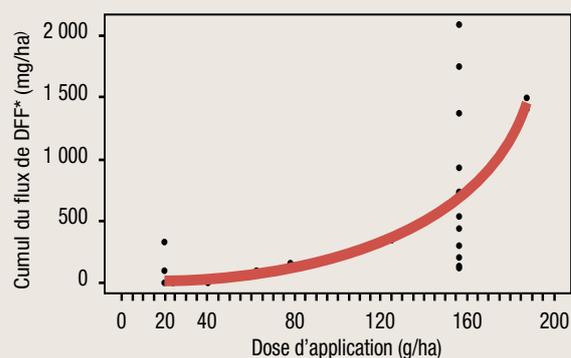


\*DFF : Diflufenicanil

diflufenicanil a été appliqué alors que la lame drainée dépassait 300 mm, le flux de substance active transféré par drainage a atteint 878 mg/ha. Dans l'autre parcelle, le diflufenicanil a été appliqué avant le début de la saison de drainage et le flux de substance active transféré n'a été que de 66 mg/ha.

**Pour les substances actives utilisées au cours de la période automne/hiver, une application avant le début des écoulements réduit de manière importante les quantités transférées à la différence d'une application en pleine saison d'écoulement. Des résultats identiques ont été enregistrés avec l'isoproturon et le prosulfocarbe.**

**Figure 7 : Influence de la dose d'application sur le flux de substances actives en parcelles drainées.**



\*DFF : diflufenicanil

Courbe de régression

Résultats de 10 années d'expérimentation (La jaillière, 44)

D'autre part, on constate une relation entre la dose appliquée et les quantités transférées (figure 8).

Les transferts sont très faibles à partir du moment où on ne dépasse pas la dose de 60 g/ha, dose qui reste agronomiquement intéressante.

**Pour les matières actives appliquées au cours de la période automne/hiver, une application avant le début des écoulements semble réduire de manière importante les quantités transférées à la différence d'une application en pleine saison de drainage. Des résultats identiques ont été enregistrés avec l'isoproturon et le prosulfocarbe.**

D'autre part, on constate pour le DFF une relation entre la dose appliquée et les quantités transférées (figure 7).

Les transferts sont très faibles si on ne dépasse pas la dose de 60 g/ha, qui reste agronomiquement intéressante.

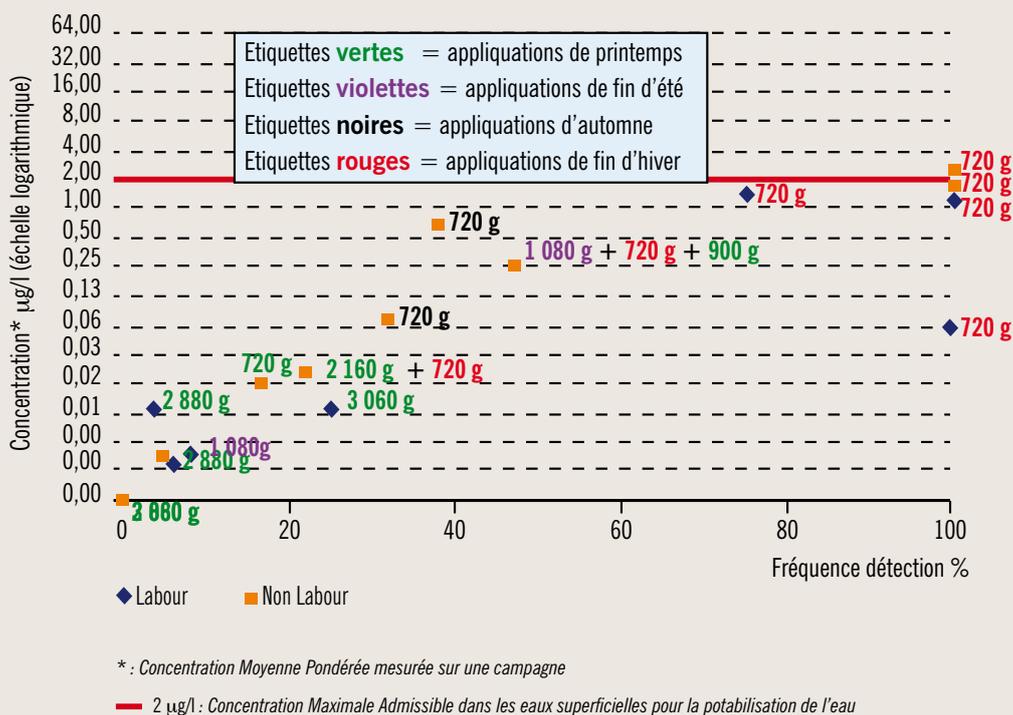
#### Cas du glyphosate (Le Magneraud et La Jaillière)

Dans les sols de Groies (argilo-calcaires superficiels et cailouteux) le glyphosate semble très peu se dégrader. Il se complexifie avec les carbonates, s'accumule dans le sol et finit par être entraîné en profondeur avec des transferts de plus en plus importants au cours des campagnes suivant l'application, alors que les transferts de son métabolite (AMPA) restent modérés.

A la Jaillière, cet herbicide a un comportement totalement différent (figure 8) :

- Appliqué en septembre jusqu'à début octobre pour la destruction de mauvaises herbes ou de CIPAN, il ne provoque pas de transfert en hiver.
- Appliqué en février ou mars avant des semis de maïs, il provoque des transferts importants car la saison de drainage n'est pas terminée.
- Appliqué début avril, il ne provoque plus de transfert.
- Lors de la reprise des écoulements au cours de l'automne suivant, on ne mesure pas de trace de glyphosate ni de trace d'AMPA.

Figure 8 : Drainage de glyphosate sur le site de La Jaillière.



### Adapter les solutions au contexte

Les exemples de l'IPU, du DFF et du glyphosate montrent clairement les spécificités de comportement des SA en interaction avec le milieu (sol – climat) et les pratiques culturales.

**A la lumière de ces résultats, il n'est donc pas envisageable d'élaborer des pratiques alternatives uniques, permettant de réduire l'impact de toutes les SA.** Chaque SA présente des risques de transferts spécifiques. Cela nécessite de ce fait d'abord un ciblage des SA posant problème, ensuite la mise au point de moyens de prévention adaptés.

Toutefois, la connaissance des mécanismes de transfert acquis sur plusieurs sites et plusieurs années nous permettent de concevoir une gamme de solutions applicables par type de SA (voir partie 3).

### L'impact des techniques de travail du sol

La suppression du labour, parfois présentée comme un moyen de réduire les transferts de SA, a fait l'objet d'expérimentations sur plusieurs sites, permettant aujourd'hui de faire la part des choses. Ces travaux ont été publiés dans le cadre d'une étude commanditée par l'ADEME en 2007 et présentés au cours d'un colloque en octobre 2007 (voir annexe).

Cette synthèse pointe trois constats :

- Les techniques sans labour limitent l'érosion et le ruissellement de surface.
- La conductivité hydraulique, souvent supérieure en techniques sans labour, peut augmenter le risque de transfert vertical.
- D'autres paramètres comme l'état hydrique du sol, la présence de résidus de culture, la fissuration, ... peuvent influencer sur les mécanismes de transfert et conduire, selon leur combinaison à des comportements apparemment contradictoires vis-à-vis des transferts.



03

# Principaux modes de transferts et premières recommandations pour les limiter

**D**ans le cadre du programme Agriper'Aisne, avec le soutien financier des Agences de l'Eau Artois Picardie et Seine Normandie et du Conseil Général de l'Aisne, un diagnostic Aquavallée a été réalisé sur l'ensemble du département. Douze techniciens du conseil et de la distribution ont été formés au diagnostic Aquaplaine et à la restitution à l'échelle des exploitations agricoles du diagnostic Aquavallée. Ils ont eux-mêmes formé une vingtaine de techniciens au conseil de désherbage adapté aux risques de transfert identifiés par le diagnostic Aquavallée. Ces conseils sont destinés aux agriculteurs qui cultivent sur les BACs prioritaires du département. Voici un exemple de conseils destinés aux parcelles hydromorphes équipées ou pas de réseaux de drainage.

## IDENTIFICATION DES RISQUES

Le drainage en hiver est une source rapide de transfert de produits à action racinaire vers les eaux superficielles (réseaux de fossés, cours d'eau). Quand le réseau de drainage est insuffisant pour évacuer l'eau excédentaire des parcelles, il se produit du ruissellement par saturation qui entraîne des transferts de produits sous forme soluble et particulaire (substance fixée et transportée sur les matières en suspension et les sédiments).

En absence de réseau de drainage, les transferts s'effectuent exclusivement sous forme de ruissellement par saturation. Les transferts d'herbicides racinaires sont plus importants et plus rapides que dans les parcelles drainées.

Le ruissellement par saturation rejoint généralement des fossés mais peut également emprunter des chemins ou des routes qui descendent dans les vallées. Il contribue ainsi à la contamination des eaux superficielles.

Dans de rares situations, ce type de ruissellement peut rejoindre des zones d'infiltration rapide et contribue, alors à la contamination des eaux souterraines.

**Tableau 2 : Exemples de dates limites d'utilisation de trois substances actives en parcelles drainées (programme AgriPer'Aisne).**

Parcelles avec réseau de drainage				
Régions de Laon, Oulchy	Région de Crézancy	Régions de Chauny, Braine	Régions de La Selve, Reims	Région de Cambrai
Périodes d'arrêt des applications des produits racinaires et du glyphosate				
31 octobre 31 mars	15 octobre 31 mars	31 octobre 28 février	10 nov. 20 mars	21 octobre 31 mars

## PROPOSITION DE MODIFICATION DES PRATIQUES

### Dans les parcelles drainées

- Interculture et cultures d'hiver:
  - pratiquer un minimum de travail du sol pour colmater les fentes de retrait qui se sont produites en été. Eviter le semis direct si absence de déchaumage,
- Interculture:
  - possibilité d'utiliser du glyphosate en fin d'été et jusqu'à la fin octobre. Ne plus utiliser cet herbicide de la fin octobre jusqu'à la fin de saison de drainage (mi-mars à début avril),
- Céréales d'hiver:
  - ne pas appliquer de CTU<sup>1</sup>, de DFF<sup>2</sup> à dose élevée,
  - possibilité d'appliquer de l'IPU<sup>3</sup>, de l'isoxaben, du prosulfocarbe (2000 à 2400 g/ha) avant le début des écoulements par réseau de drainage, et l'Avadex en pré-semis,
  - possibilité d'appliquer de la pendiméthaline (600 g/ha), du First ou du Brennus (0,5 à 1,5 l/ha),
  - possibilité d'appliquer des herbicides foliaires et des sulfonurées.

Les dates limites d'utilisation de l'IPU, de l'isoxaben, du prosulfocarbe, du glyphosate ainsi que les dates possibles de réutilisation du glyphosate sont précisées dans le *tableau 2* pour les parcelles drainées.

### Autres recommandations dans le cadre du programme AgriPer'Aisne:

- Orges de printemps:
  - possibilité d'utilisation d'IPU quand la saison de drainage est terminée,
- Pois d'hiver:
  - éviter la prélevée: appliquer le programme de post-levée Challenge 0,5 l/ha + Basagran SG à 0,3 kg/ha, + anti-graminées foliaire,

<sup>1</sup> : CTU : Chlortoluron - <sup>2</sup> : DFF : Diflufenicanil - <sup>3</sup> : IPU : Isoproturon

**Figure 9 : Efficacité des dispositifs enherbés sur l'interception des flux de produits phytosanitaires (tous produits confondus).**



- Pois de printemps:
  - possibilité d'utiliser du Challenge ou Nirvana S en prélevée mais privilégier la post-levée précoce: Challenge 0,5 l/ha + Basagran SG 0,3 kg/ha en 1 ou 2 passage (à demi-dose) ou Basagran SG 0.6 à 0,8 kg/ha + Prowl 400 1 l/ha,
- Colza d'hiver:
  - pas de restriction à l'exception de l'utilisation du Chrono,
- Autres cultures de printemps:
  - pas de restriction.

## RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES POUR LIMITER LES TRANSFERTS PAR RUISSELLEMENT DÛ À LA BATTANCE

1. Appliquer les produits phytosanitaires hors période de saturation en eau du sol.

Le premier levier d'action possible est de jouer sur la période d'application et plus particulièrement sur le statut hydrique du sol pour les matières actives appliquées au cours de la période d'écoulement intense. En effet, un décalage de l'application avant le début réel des écoulements peut permettre de réduire les transferts par rapport à une application en pleine période d'écoulement.



© N. Cornec

## 2. Privilégier les produits applicables à faible dose et à faible persistance.

Des références expérimentales commencent à être disponibles pour classer les différentes matières actives selon leur mobilité dans le sol.

## 3. Raisonner les doses de produits appliqués.

Pour réduire les transferts d'herbicide par ruissellement dû à la battance, il est conseillé d'utiliser les produits applicables à faible grammage et/ou les produits dont la DT50 est faible.

Les produits, qu'ils soient à fort ou à faible Koc sont tous entraînés par ruissellement. Ils le sont dans la phase soluble ou dans la phase particulaire du ruissellement. Plus la dose par hectare est faible et plus les transferts seront réduits. Quand on applique un herbicide, il est difficile de prévoir quand se déclenchera un orage susceptible de provoquer du ruissellement. Si l'orage intervient 15 jours après l'application, les transferts seront plus faibles avec un herbicide à DT50 courte que pour un herbicide à DT50 élevée.

## 4. Réduire la battance.

Privilégier un travail du sol qui laisse des mottes, laisser des résidus de récolte en surface, travailler le sol sans labour, couvrir le sol aux périodes de ruissellement,

## 5. Faire des damiers de culture.

Alterner des parcelles en cultures d'hiver avec des parcelles en cultures de printemps. Il ne s'agit pas forcément de réduire la taille des parcelles mais bien d'alterner les cultures sur le versant. Cela peut aussi se faire en concertation avec les agriculteurs cultivant le versant.

## 6. Mettre en place des bandes de cultures d'hiver...

...de la largeur du pulvérisateur entre des parcelles cultivées en cultures de printemps pour éviter le ruissellement en cas d'orage sur des cultures ne couvrant pas encore le sol.

## 7. Aménager le paysage.

bandes enherbées, zones tampons...

Sur ce dernier point, des travaux ont été réalisés par l'ITCF et l'Agence de l'Eau Loire Bretagne de 1993 à 1996 (*figure 9*). Le dispositif mis en place a permis de mettre en évidence une efficacité significative des dispositifs enherbés sur la limitation des flux de produits phytosanitaires.

La lutte contre le ruissellement (avec transport de minéraux et de résidus de produits phytosanitaires) montre qu'il faut enrayer ce phénomène le plus possible en amont. Planter des bandes enherbées le long des cours d'eau sera certes efficace à condition qu'il n'y ait pas de courts circuits entre les bandes enherbées (dérapages de labour, arrivée de ruissellement concentré, etc.). L'implantation de bandes enherbées en amont dans le paysage, là où des ruissellements peuvent se produire renforce l'efficacité des bandes enherbées. D'autre part avec les BCAE<sup>1</sup> et la réglementation sur les zones non traitées (ZNT<sup>2</sup>), la plupart des cours d'eau sont maintenant protégés.

<sup>1</sup> : BCAE : Bonnes Pratiques Agronomiques et Environnementales

<sup>2</sup> : ZNT : Zone Non traitée

## 04

# Risque Nitrate et moyens de prévention

## L'EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE SUR LA POLLUTION NITRIQUE. LE RELIQUAT D'AZOTE À LA RÉCOLTE.

La pollution nitrique n'est liée que de façon indirecte à la fertilisation azotée.

Le reliquat d'azote minéral à la récolte n'augmente sous l'effet de la fertilisation azotée que dans les cas de surfertilisation.

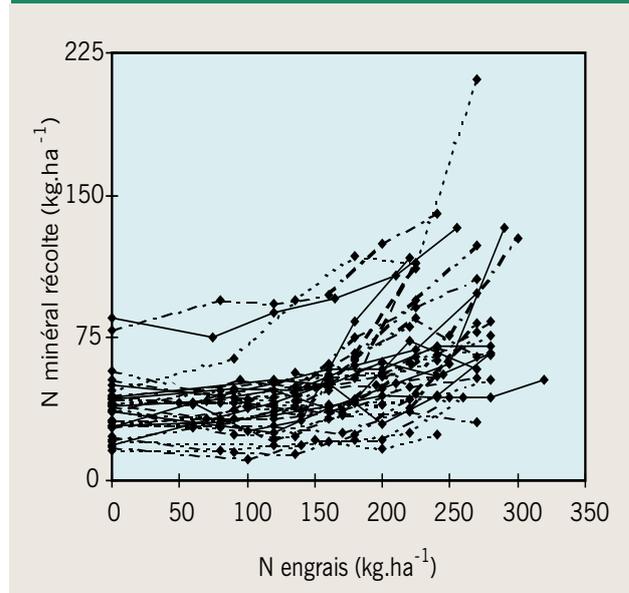
Les résultats publiés par l'INRA en 1999 (voir figure 10) ainsi que d'autres sont unanimes sur le sujet: la quantité d'azote minéral présente dans le sol à la récolte est invariante avec la dose d'azote engrais tant que celle-ci n'excède pas la dose optimale (celle qui permet de maximiser le rendement). En conséquence il n'est pas nécessaire de pratiquer une fertilisation azotée inférieure à cette dose optimale pour réduire le risque de pollution nitrique. Tout l'enjeu consiste à mobiliser les connaissances pour préconiser une dose aussi proche que possible de cet optimum, très variable entre situation: c'est l'intérêt des outils de pilotage de l'azote.

Par ailleurs les figures 10 et 11 montrent que dans les situations correctement fertilisées (partie gauche des courbes de réponse, donc en absence de surfertilisation), ce reliquat d'azote à la récolte est très variable entre parcelles, sans que la fertilisation azotée puisse donc en être la cause: la mesure de ce reliquat n'est donc en rien un indicateur pertinent de surfertilisation azotée.

Pour toutes ces raisons il est inapproprié de parler de « pollution diffuse par les fertilisants » (sauf dans les situations subissant

des excédents d'azote organique par les effluents d'élevage): la pollution nitrique des eaux est essentiellement due à la minéralisation des sols pendant les phases d'interculture ou aucun couvert n'est capable d'intercepter l'azote minéral du sol.

Figure 10: Effet de la fertilisation azotée sur le reliquat mesuré à la récolte du blé. (Makowski et al., 1999)<sup>1</sup>.



<sup>1</sup>: Makowski D., Wallach D., Meynard, J.-M., 1999. Models of yield, grain protein, and residual mineral nitrogen responses to applied nitrogen for winter wheat. *Agron. Journal*, 91 : 377-385.

Figure 11 : Effet de la dose d'engrais apportée sur blé (exprimée en écart à la dose optimale de chaque essai) sur l'augmentation du reliquat récolte par rapport au témoin sans engrais.

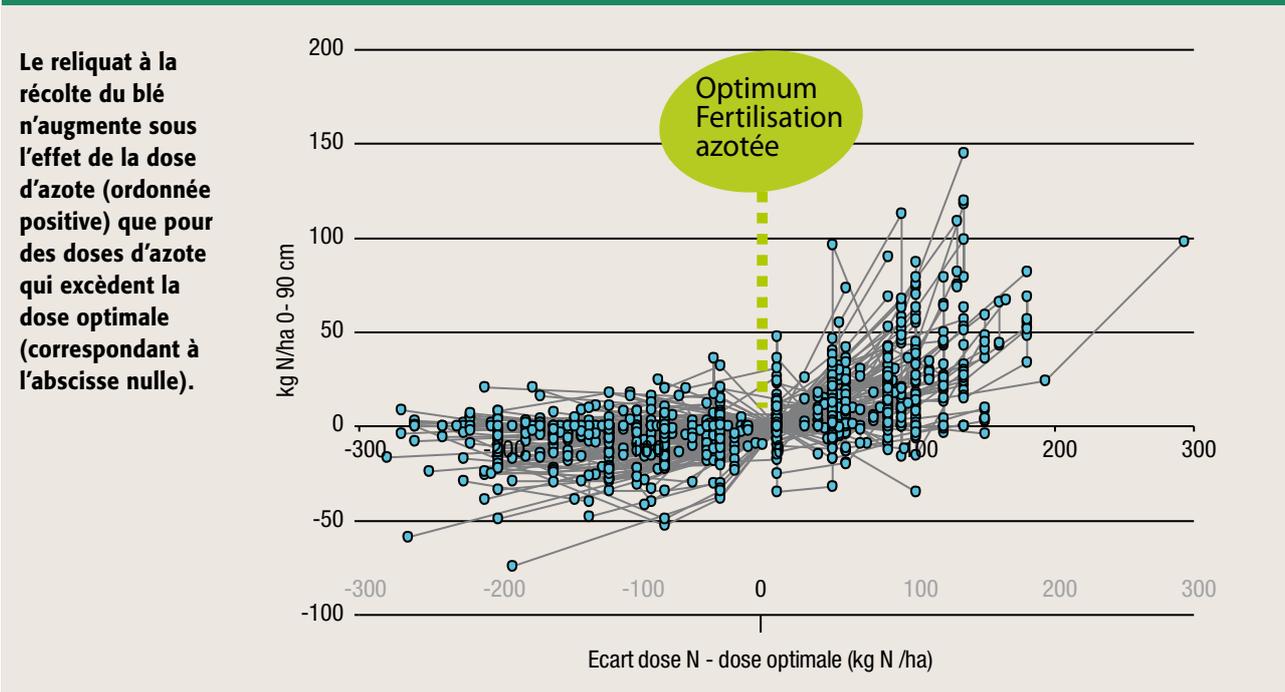
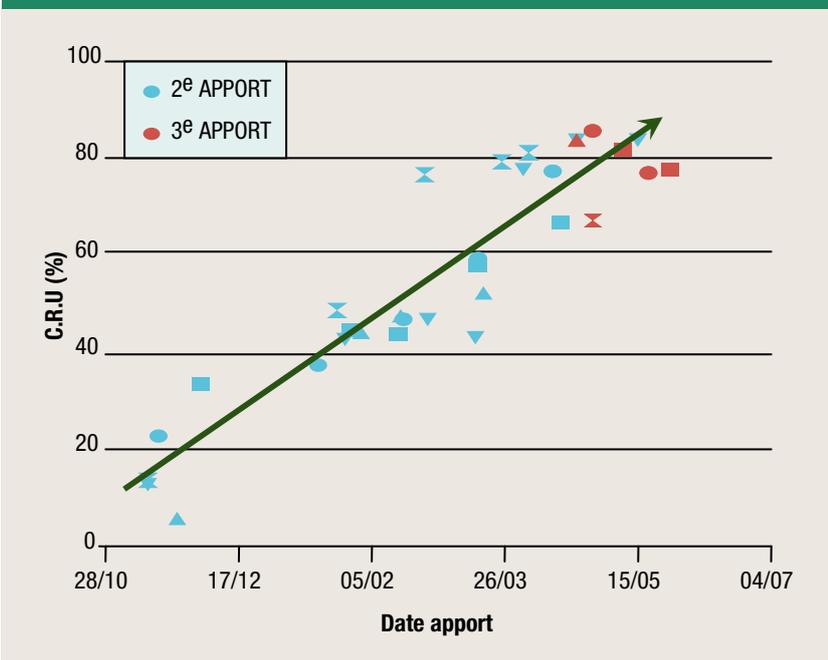


Figure 12 : Effet de la date d'apport de l'engrais sur la proportion de l'azote de l'engrais absorbé par le blé (CRU).



© N. Cornec

### L'augmentation du coefficient d'utilisation de l'azote de l'engrais

L'augmentation du coefficient d'utilisation de l'azote de l'engrais (proportion de l'azote épandu présent à maturité dans la plante) permet de limiter le risque d'augmentation du reliquat

à la récolte (bien que l'effet le plus sensible sera sur la diminution des pertes par volatilisation). A ce titre, le report d'une partie de la dose totale d'azote sur un apport de fin montaison permet cette meilleure valorisation de l'engrais: *figure 12*.

La proposition de compenser la présence de sols nus par « une réduction des apports de fertilisant, en particulier en fin de cycle » est contraire à la logique agronomique (sans parler, à dose totale

d'azote identique, de la baisse de la teneur en protéine des grains qui en résulterait).

### Le reliquat d'azote à la récolte n'est pas un indicateur suffisant du risque de lessivage.

Le reliquat récolte n'est pas un bon indicateur du lessivage ultérieur de l'azote pendant la période hivernale d'excès pluviométrique sauf dans le cas de valeurs très élevées (figure 13). La gestion de la période interculturelle (gestion des résidus de culture, implantation de Cipan), les éventuels apports organiques, la nature du sol (minéralisation plus ou moins forte de la matière organique) sont, en dehors du climat des facteurs de variation prépondérants de la quantité d'azote lessivée.

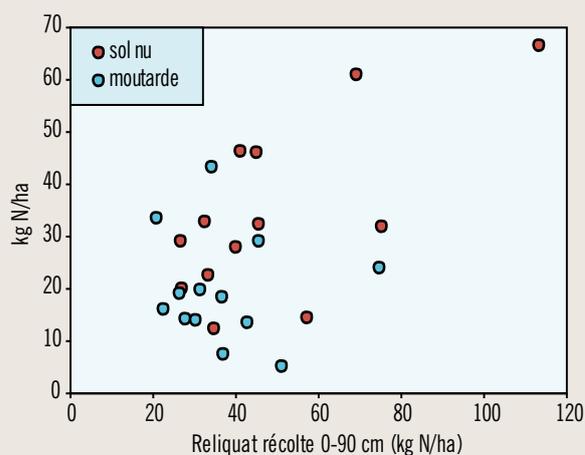
## LE CHOIX DE L'OBJECTIF DE RENDEMENT

La diminution de l'objectif de rendement n'est pas en soi un moyen de diminuer le risque de pollution nitrique si la fertilisation azotée reste « calée » sur l'atteinte du potentiel accessible de la parcelle. Ce potentiel peut être volontairement réduit par le choix d'une date de semis tardive, d'une densité faible, d'une variété moins productive... Si la dose d'azote est cohérente avec le rendement accessible, alors la réduction de fumure qui en résulte ne se traduira pas par un reliquat récolte plus faible puisque ce qui importe c'est l'écart entre la dose épanchée et la dose optimale d'azote, quel que soit le rendement observé (voir figure 11). Dit d'une autre façon, à la dose d'azote optimale, le reliquat d'azote à la récolte ne dépend pas du niveau de rendement observé.

Par ailleurs, toutes les techniques favorables à l'expression du potentiel de rendement accessible une année donnée, sont favo-

rables à une meilleure utilisation de l'azote de l'engrais. En effet la maîtrise des facteurs et conditions de milieu qui contrarient l'absorption d'azote (sécheresse, adventices, maladies précoces...) permet d'améliorer l'efficacité de la fertilisation minérale, donc de diminuer le risque de lessivage lié à l'augmentation du reliquat d'azote dans le sol à la récolte. Une illustration de cet effet est donnée à la figure 14 dans le cas de l'irrigation du maïs. Le maïs

**Figure 13 : Relation entre le reliquat récolte et la quantité d'azote lessivée. Essai longue durée de Boigneville (1992- 04). Rotation pois – blé – orge de printemps, deux types de gestion de l'interculture (sol nu, ou couvert systématique de moutarde).**

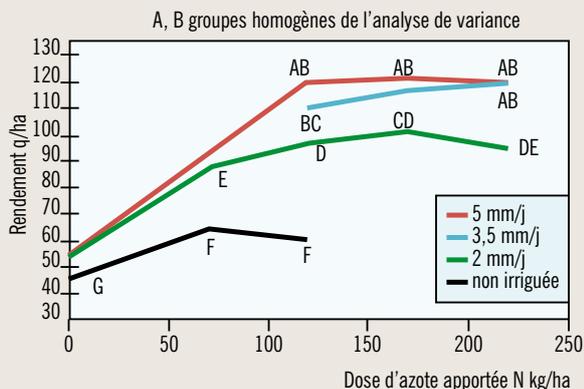


Le lessivage d'azote n'est pas expliqué par la valeur du reliquat à la récolte, notamment si l'interculture fait l'objet d'une implantation de « Cipan » (points bleus « moutarde »).

**Figure 14 : Effet de l'irrigation et de la fertilisation azotée sur a) le rendement du maïs et b) le reliquat d'azote minéral à la récolte. Essai Rouffach (68). Deumier et al., 2002.**

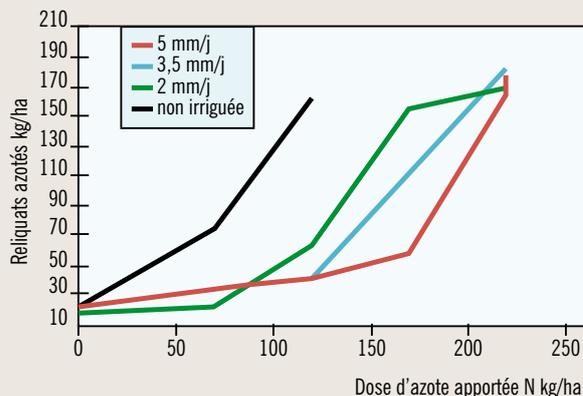
**a** En restriction hydrique sévère, les répercussions sur le rendement sont très nettes. La dose optimale d'azote est la même pour 2 et 3,5 mm/jour. Elle est plus faible pour le non irrigué.

Courbes de réponse du rendement à l'azote pour quatre régimes hydriques (Rouffach, 1998) (figure 7)

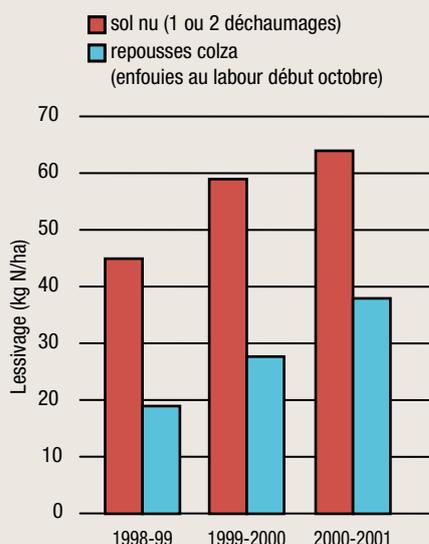


**b** Plus le stress hydrique est important, plus l'absorption de l'azote par la plante est faible et plus le reliquat d'azote est élevé.

Reliquats azotés mesurés après récolte et dose d'engrais pour quatre régimes hydriques (Horizon 0-90 cm, Rouffach, 1998) (figure 8)



**Figure 15 : Effet des repousses de colza sur le lessivage mesuré sous blé. Le Magneraud (17).**



Les repousses de céréales absorbent également de l'azote minéral et contribuent comme le colza à réduire le risque de lessivage d'azote.

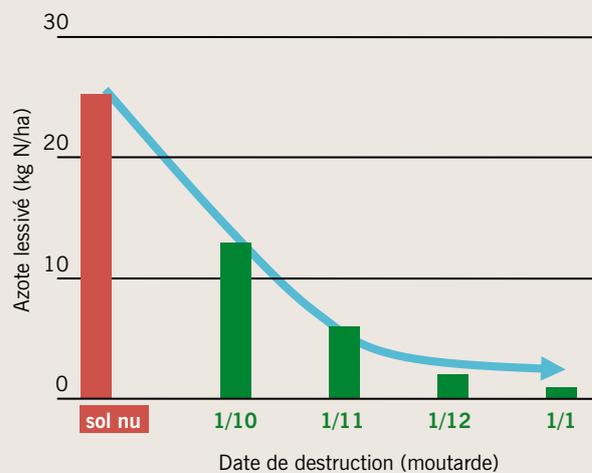
non irrigué ne nécessite qu'une dose de 70 kg N/ha pour produire 65 q/ha contre 120 q/ha en situation irriguée, avec 120 kg N/ha. Néanmoins, le reliquat récolte est plus élevé après le maïs « sec ».

### La conduite des cultures intermédiaires piège à nitrate (CIPAN)

Les techniques de gestion de l'interculture pour limiter les fuites d'azote par lessivage ne se limitent pas à l'implantation de couverts végétaux dédiés (Cipan). L'enfouissement des résidus de culture pauvres en azote (pailles de blé et maïs), ou les repousses de céréales et surtout colza sont efficaces (figure 15).

L'implantation de Cipan présente toujours une efficacité supérieure au simple enfouissement des pailles mais présente aussi des contraintes d'organisation des chantiers liées aux pointes dans les temps de travaux (semis et destruction).

**Figure 16 : Effet de la date de destruction d'une culture intermédiaire de moutarde sur la quantité d'azote lessivée. INRA-ITCF, 2002.**



M. Alexandre, 2002. Evaluation par simulation avec le modèle Stics des effets environnemental et agronomique des cultures intermédiaires pièges à nitrate. Mémoire Ensaf, INRA, ITCF.

### L'implantation de Cipan est plus efficace que la réduction de la fumure azotée

La même étude montre que la réduction de fumure de 20 % complémentaire de l'implantation de Cipan n'induit pas de réduction significative des pertes d'azote par lessivage (tableau 3).

#### Il n'est pas nécessaire de détruire tardivement les Cipan.

Compte tenu de la vitesse de croissance des Cipan il n'est pas nécessaire prolonger la présence de Cipan au-delà du début de l'hiver (début à mi-décembre). Le début de minéralisation plus précoce ne compromet pas l'efficacité de ces couverts et permet une décomposition plus complète des résidus plus jeunes et donc moins lignifiés (figure 16).

Par ailleurs une date de destruction tardive (parfois imposée par la réglementation) limite le choix de la période optimale d'intervention, et renforce donc le risque de passage en conditions défavorables (qui peut entraîner une dégradation de la structure du sol).

**Tableau 3 : Effet de différents itinéraires techniques sur la concentration moyenne en nitrate simulée à l'exutoire d'un bassin-versant (Lacroix et al., 2004). Bassin-versant de Bruyères (02).**

	1	2	3	4
	Conventionnel (pratique actuelle)	Optimisé (ajustement de la fertilisation azotée)	Optimisé + Cipan semé tôt	fertilisation - 20 % et Cipan semée tôt
Concentration moyenne en nitrate (mg NO <sub>3</sub> /l)	77	70	45	41



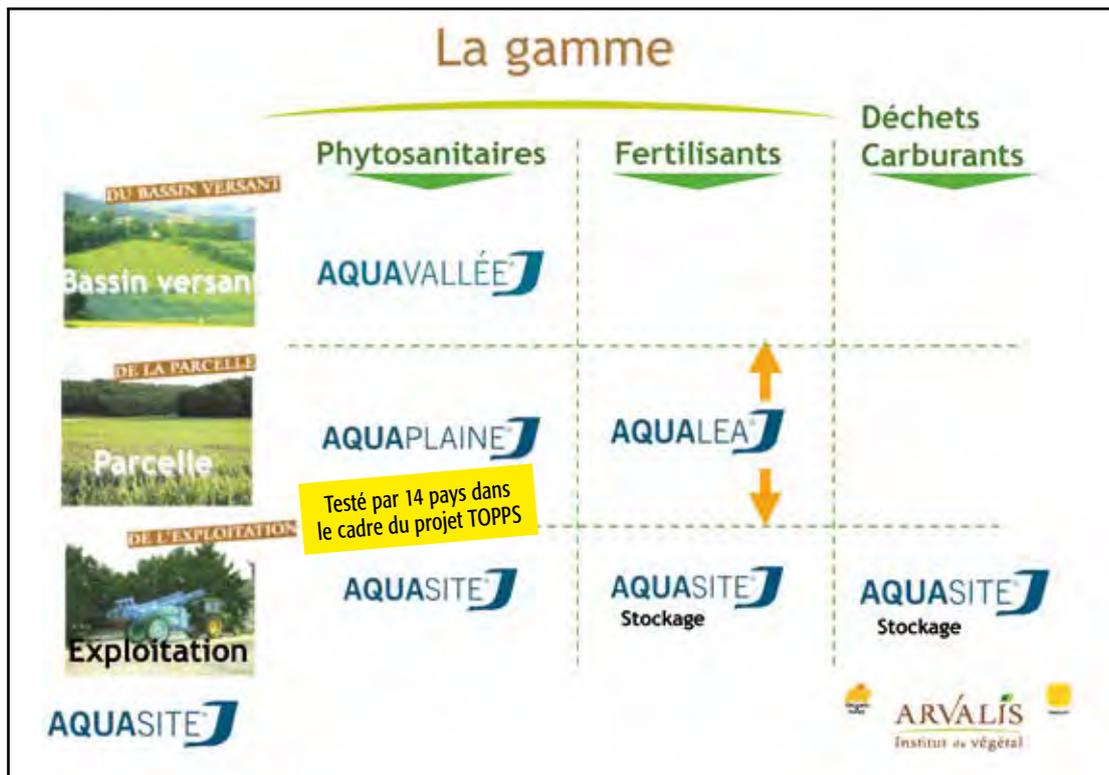
© N. Cornec

05

# Des outils pour diagnostiquer les risques et proposer des solutions

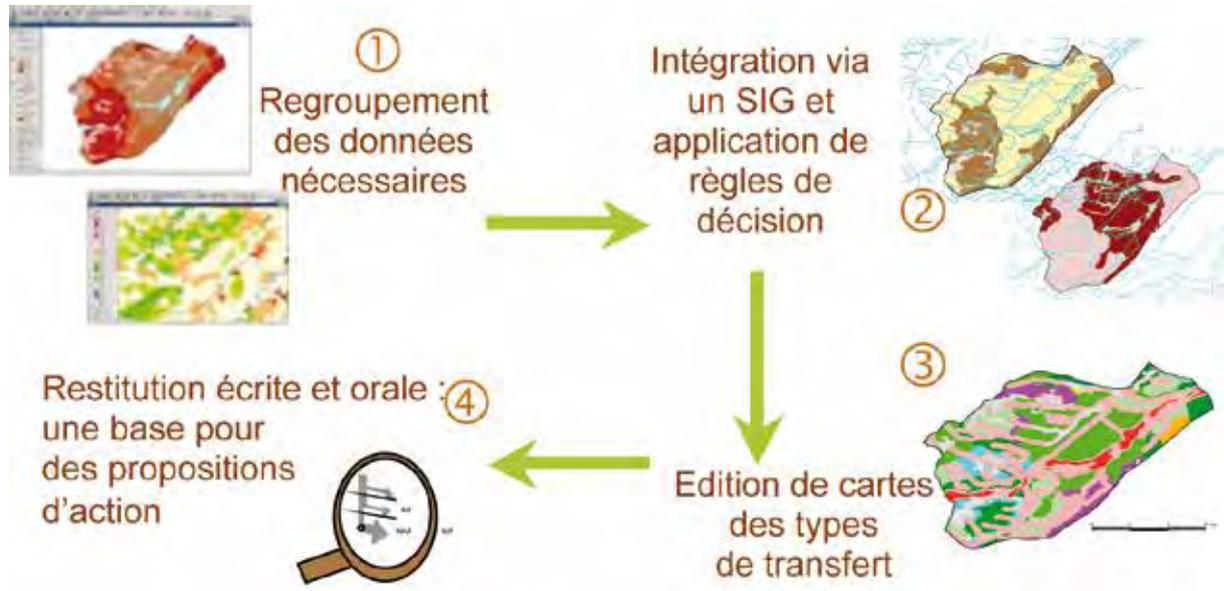
Un ensemble d'outils de diagnostic a été conçu pour déterminer les sources de pollutions par les produits phytosanitaires, l'azote et autres substances. Leur mise en œuvre se décline à plusieurs échelles :

- le bassin versant,
- la parcelle,
- le site d'exploitation.



## AQUAVALLEE®

C'est un outil de diagnostic du risque de transfert de phytosanitaires à l'échelle du bassin-versant. Il utilise la démarche CORPEN avec des cartes pédologiques, géologiques, cartes des pentes, cartes des réseaux hydrographiques liées à un SIG et à un système expert. Il permet de cibler les zones où il reste indispensable de réaliser un diagnostic terrain (AQUAPLAINE). A ce jour, plus de 800 000 ha ont été diagnostiqués en France à l'aide de cet outil.



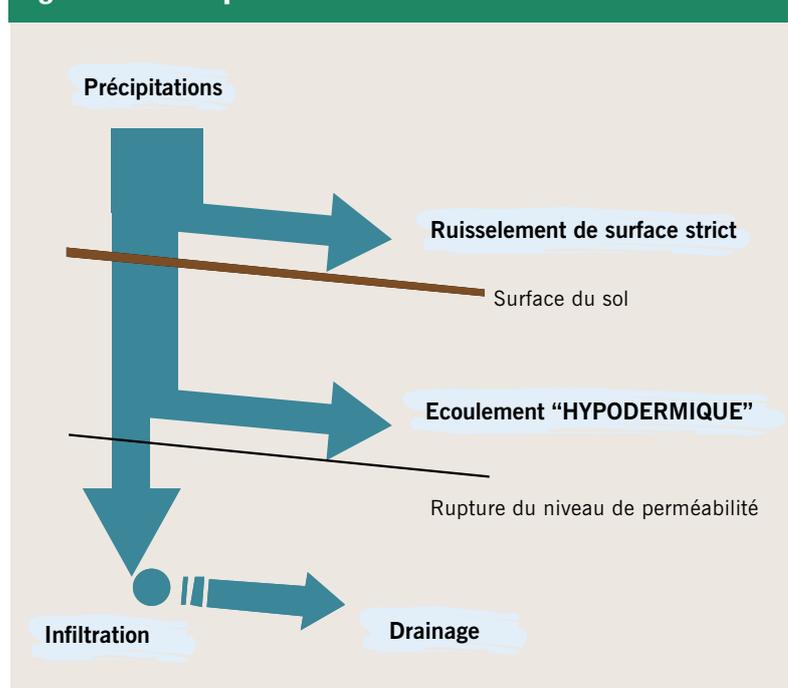
## AQUAPLAINE®

Il s'agit de décliner le diagnostic parcellaire de risque de transfert de produits phytosanitaires avec l'agriculteur afin de proposer des améliorations pratiques :

- techniques culturales,
- aménagement du paysage,
- adaptation des périodes d'application,
- choix des produits.

Pour cela on réalise un diagnostic de la circulation des eaux excédentaires par parcelle ou îlot de parcelles par îlot de parcelles, (figure 17) en tenant compte de la nature des sols, du paysage, des ressources en eaux. Il suffit ensuite de croiser ce premier diagnostic avec les pratiques habituelles de protection des cultures pour évaluer les risques de transfert des produits vers les eaux. Selon les risques évalués, des solutions sont proposées à l'agriculteur.

Figure 17 : Exemple de circulation de l'eau excédentaire.



## AQUASITE®

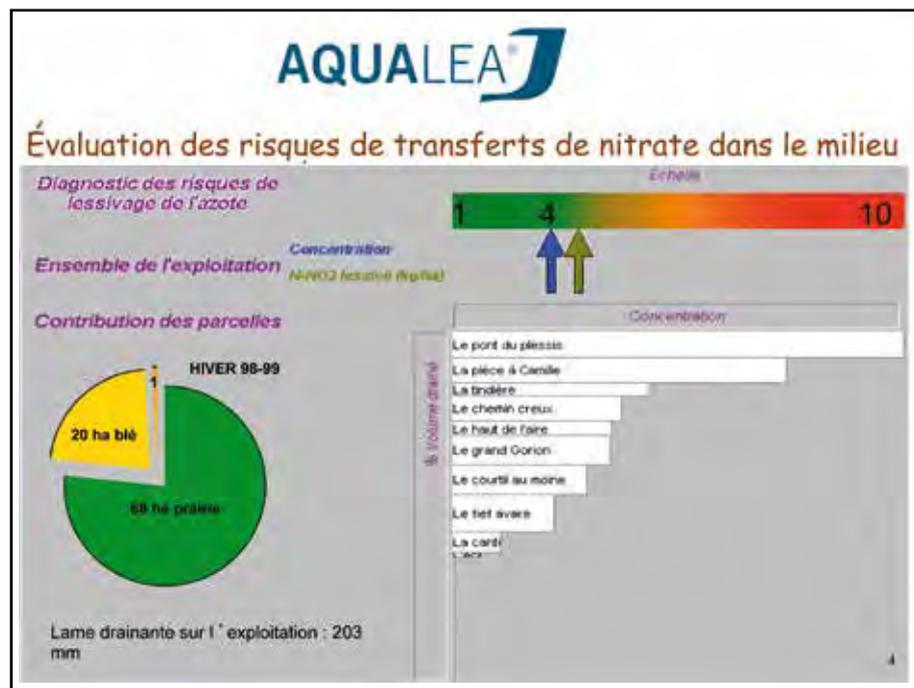
Il s'agit de faire un diagnostic complet des risques de pollutions ponctuelles au sein de l'exploitation agricole (stockage des produits, remplissage et nettoyage du pulvérisateur, gestion des déchets, risques pour la santé des utilisateurs et de leur entourage...) et d'élaborer avec l'agriculteur un plan d'adaptation et de mise aux normes pour réduire ces risques.

Toutes ces méthodes ont déjà été appliquées avec succès dans des opérations pluri-annuelles (Bassin Versant de la Fontaine du Theil, Agri-Péron, programme Life Environnement auquel l'Agence de l'Eau Seine Normandie contribue financièrement...). Les résultats de ces opérations sont à disposition auprès d'ARVALIS - Institut du végétal.



## AQUALEA®

Il s'agit d'un simulateur du lessivage d'azote (DEAC, développé en partenariat avec Cetiom et ITB) qui prend en compte les cultures présentes dans la rotation, les pratiques de fertilisation azotée, la gestion de l'interculture et des scénarios climatiques. Le calculateur évalue pour chaque parcelle la concentration en nitrate de l'eau percolée. Les pratiques culturales peuvent être modifiées pour construire a priori un système de culture plus performant si nécessaire. Ci-contre, un exemple de sortie.





© N. Comec

06

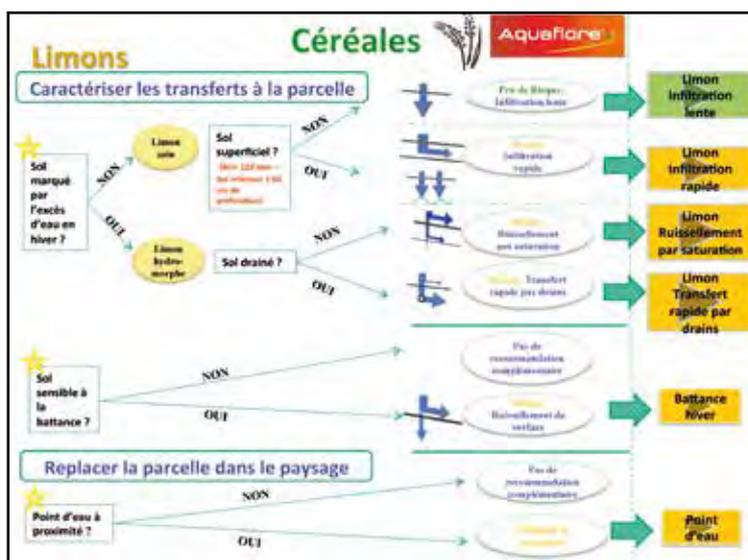
# Exemples de solutions pour maîtriser les transferts de produits phytosanitaires à la parcelle et au bassin versant

## EXEMPLE D'ARBRE DÉCISIONNEL DES MODES DE CIRCULATION DE L'EAU EN LIMONS DE NORMANDIE

Cet arbre décisionnel a été élaboré en collaboration avec la coopérative AGRIAL pour aider les conseillers d'une région à formaliser un conseil technique de désherbage à la fois performant sur le plan de l'efficacité, rentable, et permettant de limiter les risques de transferts de substances.

Il a été élaboré à partir de la méthode AQUAPLAINE® mais adapté aux sols de Normandie pour limiter le nombre de cas possibles et faciliter son utilisation. Pour chaque type de circulation de l'eau, des recommandations de désherbage ont été adaptées en vue de limiter les risques de transferts.

Cette méthode de diagnostic et de conseil appliquée à l'échelle d'une aire de collecte sur l'enjeu herbicides est nommée AQUAFLORE®.



**Aquaflora**

### Ruissellement par saturation

**Risque**  
En hiver, ruissellement par saturation vers fossés, chemins, routes ...

**éviter les produits mobiles pendant la période de saturation en eau du sol (début novembre à fin mars)**

**inter-culture :**  
arrêt du glyphosate de **début octobre** jusqu'à la fin de saison de drainage (fin mars)

**céréales d'hiver : privilégier les produits foliaires**  
**pas de chlortoluron, isoxaben, prosulfocarbe, pendiméthaline**  
 diflufénicanil : 60 g maximum  
 isoproturon **possible jusqu'à début novembre**  
 triallate possible en pré-semis incorporé sur orge

## RECOMMANDATIONS POUR LE BON USAGE DU GLYPHOSATE

Adapter la dose à la situation en fonction du stade des adventices (tableau ci-dessous).

### Conditions climatiques

Le glyphosate étant un herbicide foliaire systémique, les conditions au moment de l'application et durant les jours suivants ont une grande influence sur l'efficacité. Les facteurs favorisant l'absorption du glyphosate et sa systémie dans la plante sont notamment :

- des températures moyennes comprises entre 8 °C et 25 °C,
- une hygrométrie élevée > 70 %,
- l'absence de stress hydrique,
- adapter la dose à la situation en fonction du stade des adventices (tableau ci-dessous et de stress hydrique),
- l'absence de pluie dans les heures suivant l'application (6/8 heures minimum).

Adventice cible + adjuvant	Dose de glyphosate en g/ha	Association glyphosate en g/ha + 2.4D g/ha + adjuvant
Repousses céréales (début montaison)	720	-
Repousses colza (début elongation)	900	720 + 600
Repousses pois (8-10 feuilles)	1 080	720 + 600
Repousses pomme de terre (tubérisation <10 cm)	1 440 <sup>(b)</sup>	1 260 + 600
Brome (fin tallage)	900	-
Ray-Grass (fin tallage)	900	-
Vulpin (fin tallage)	900	-
Chénopode (15 cm)	900	540 + 600
Géranium (début rosette)	○	720 + 840
Laiteron (début elongation)	1 080	900 + 600
Senecion (avant boutons)	900	720 + 600
Chiendent (15 cm)	1 080	-
Chardon (15 cm)	1 080	720 + 840
Liseron (20 à 30 cm)	2 160	1 440 + 840
Moutarde, radis, phacélie (stade développé)	1 080	720 + 600

b : 2 160g/ha à un stade supérieur

○ : efficacité moyenne

### Attention à la dureté de l'eau!

Le glyphosate est une molécule sensible à la présence de certains ions dans l'eau de bouillie (Ex: calcium: Ca<sup>++</sup>; ferreux: Fe<sup>++</sup>; magnésium: Mg<sup>++</sup>). La concentration de ces ions dans l'eau est nommée « dureté » et une forte concentration nuit à l'efficacité du glyphosate. Une correction est nécessaire si la dureté est > à 200 ppm\*.

**Dans ces situations, la recommandation est d'ajouter 100 g de sulfate d'ammonium pour 100 l. d'eau à 100 ppm de calcium.**

### Préférer les faibles volumes de bouillie

Le glyphosate est une substance active foliaire systémique. Le volume de bouillie est un paramètre à prendre en compte pour optimiser son efficacité.

➤ **Préférer des volumes de bouillie faibles (entre 100 et 300 l/ha)**



## GLYPHOSATE : LES BONNES RÈGLES D'USAGE

Le glyphosate est une substance active largement utilisée dans la gestion des adventices. Depuis quelques années, les réseaux de surveillance de la qualité des eaux détectent fréquemment cette substance dans les eaux de surface. Il est de la responsabilité de tous de mettre en œuvre les moyens qui permettront de limiter sa présence dans les eaux. Seule une utilisation raisonnée de cette substance permettra de réduire durablement les transferts vers les eaux de surface.

En octobre 2004, les pouvoirs publics, en concertation avec l'ensemble des acteurs de la filière, ont revu les doses maximales et les conditions d'emploi des spécialités à base de glyphosate.

Fort de leurs expertises, ARVALIS – Institut du Végétal, FNA, CETIOM, Coop de France et InVivo souhaitent également mettre en avant toutes les solutions permettant d'optimiser les utilisations de glyphosate.

Ces mesures visent à mettre en place des bonnes pratiques d'utilisation afin de continuer à bénéficier de l'efficacité et de la souplesse d'emploi de cette substance active.

### Sur chaumes et sol nu

Le glyphosate est souvent utilisé en interculture afin de préparer le semis. Au-delà de l'optimisation de l'application de celui-ci, il est possible de gérer les adventices en limitant l'utilisation du glyphosate. Les interventions mécaniques en interculture sont efficaces pour contrôler les repousses d'adventices. Trois règles sont à respecter pour l'efficacité de la technique :

- intervention en conditions « séchantes »,
- et adventices jeunes,
- prévoir 3 à 4 jours sans pluie après intervention.

### Limiter les applications en zone sensible

Les applications de glyphosate sur certaines zones et/ou surfaces présentent des risques de contamination de la ressource en eau. Ces zones sont en général celles en marge de la parcelle ou de l'exploitation, avec connexion directe au réseau hydrologique. Les règles suivantes sont à respecter :

- Ne pas traiter les fossés en eau ou à proximité. Privilégier le désherbage mécanique (fauche, broyage).
- Ne pas traiter sur surfaces imperméables de type cours, chemins, abords d'exploitation, etc.
- Éviter les applications en plein sur les zones cultivées proches d'un chemin ou d'une route. Privilégier les applications localisées afin de limiter les transferts.

### Profiter des alternatives possibles

#### En présence d'un couvert

Le glyphosate est souvent utilisé pour la destruction de couverts et cultures intermédiaires (CIPAN). L'utilisation du glyphosate n'est pas toujours une nécessité pour gérer ces couverts. Il est recommandé de :

- Utiliser un couvert gélif :

Les couverts à base de Moutarde, Sarrasin, Nyger, Tournesol, Lentille et Sorgho sont facilement détruits par le gel.

- Rouler les couverts pour les détruire !

Le roulage est une opportunité pour détruire les couverts propres (sans adventices) et gélifs. Des températures négatives, le jour de l'opération, sont nécessaires pour assurer une destruction totale du couvert et la portance du matériel

Que faire en situations non gélives ?

Il arrive que les conditions climatiques ne soient pas réunies pour détruire le couvert ou réaliser un roulage. Dans ces situations, il est possible de réaliser un travail du sol profond (labour) pour enfouir le couvert ou bien appliquer une spécialité à base de glyphosate en optimisant son emploi (cf. point précédent).

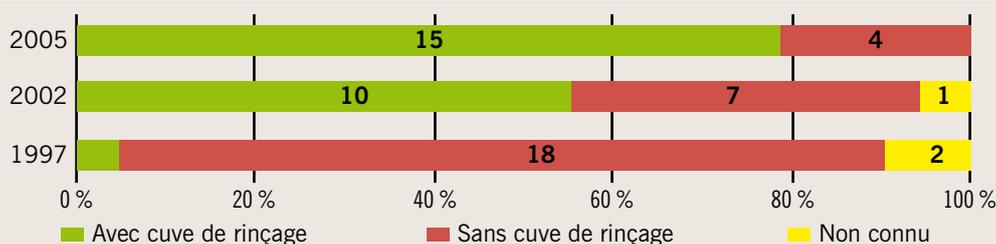
### EXEMPLE D'ÉVOLUTIONS DES PRATIQUES SUR LE BASSIN-VERSANT DE LA FONTAINE DU THEIL

Sur ce petit bassin-versant d'Ile et Vilaine, la mobilisation des 20 agriculteurs a permis de limiter les contaminations ponctuelles et diffuses de manière importante. Toutes les parcelles ont été diagnostiquées selon la méthode CORPEN et toutes les exploitations ont été l'objet d'un diagnostic AQUASITE®.

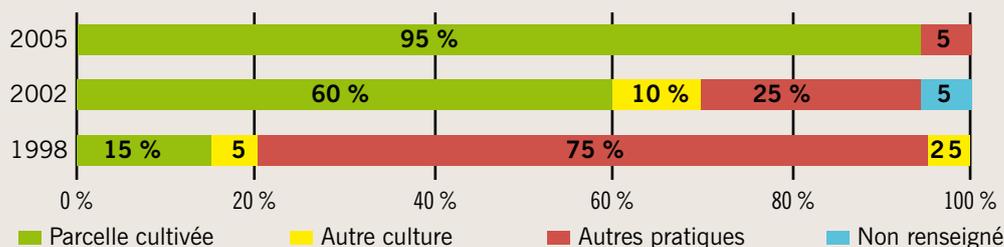
Cela a permis :

- d'améliorer le parc de pulvérisateur (*figure 18*) ;
- de favoriser une meilleure pratique de gestion des fonds de cuve (*figure 19*) ;
- d'aménager le parcellaire et le paysage pour protéger le ruisseau (bandes enherbées, talus arborés, échange de parcelle et mise en place de prairie permanente) (*figure 20*) ;
- de diminuer le nombre de produits détectés à la sortie du bassin-versant (*figure 21*) ;
- de diminuer les quantités appliquées et les transferts à la sortie du bassin (*figure 22*) ;

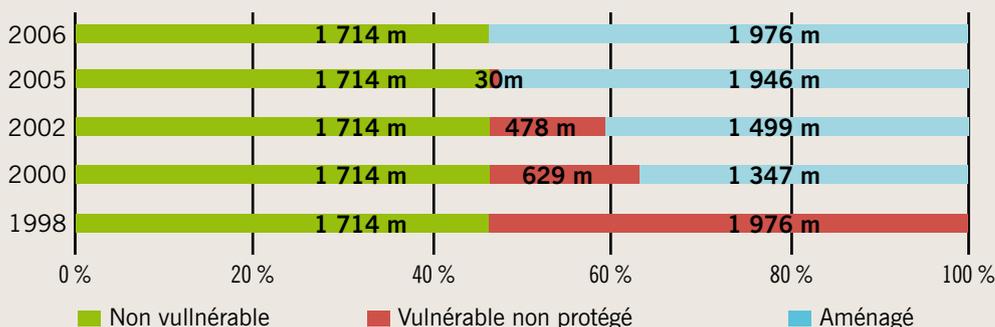
Figure 18 : Evolution de l'état des pulvérisateurs et de leur équipement.



**Figure 19: Evolution des pratiques de gestion des fonds de cuve.**



**Figure 20: Evolution du linéaire de ruisseau protégé.**



- de réduire de manière très conséquente les transferts à la sortie du bassin. Les quantités de triazine à l'exutoire du BV ont diminué de 94 %, celles d'acétanilides (alachlore, métolachlore, diméthénamide, acétolachlore) ont été réduites de 92 % et les urées ont diminué de 14 % (figure 23).

On pourrait objecter que la baisse des triazines est due à l'interdiction de l'atrazine en 2001. Mais les flux de cette substance ont baissé dès le début de l'animation du bassin et notamment grâce à toutes les améliorations apportées par les conseils issus des diagnostics. Cela est confirmé par la baisse des flux d'acétanilides qui étaient utilisées dans des proportions proches de celles des triazines. On remarque que les flux d'aminophosphonates (glyphosate) ont augmenté. Cela est dû à l'arrêt des utilisations des fonds de cuves avec des triazines pour entretenir les abords des clôtures électriques des prairies situées à proximité des fossés. Les agriculteurs ont remplacé l'atrazine par du glyphosate. Actuellement, les agriculteurs ont installé des clôtures décalées pour faciliter leur entretien mécanique et les flux de glyphosate devraient rapidement diminuer.

## DIAGNOSTICS ET PLANS D'ACTION SUR LE BASSIN DU PÉRON (02)

Dans le cadre d'un programme européen Life Environnement, (partenariat entre la Chambre d'Agriculture de l'Aisne, la Coopérative CERENA, ARVALIS - Institut du végétal et INFOTERRA) 76 agriculteurs se sont engagés à suivre tous les conseils issus des diagnostics AQUASITE®, AQUAVALLÉE®, AQUAPLAINE® et AQUALÉA®. Toutes les parcelles de ce BV

de 14 000 ha ont été diagnostiquées (AQUAVALLÉE® complété par quelques AQUAPLAINE®) et les risques de transfert ont été validés par les agriculteurs. Il apparaît que 97 % de la SAU ne présentait pas de risque de transfert. Seules de petites zones d'affleurement de la craie à proximité du captage et de la source du Péron présentent des risques d'infiltration rapide vers la nappe. La substitution de produits proposée aux agriculteurs a été acceptée. Les parcelles à proximité du Péron ont toutes une bande enherbée le long de la berge. Quant aux parcelles drainées dont les buses rejoignent le Péron elles ne portent que des cultures de printemps ne présentant pas de danger pour la qualité des eaux.

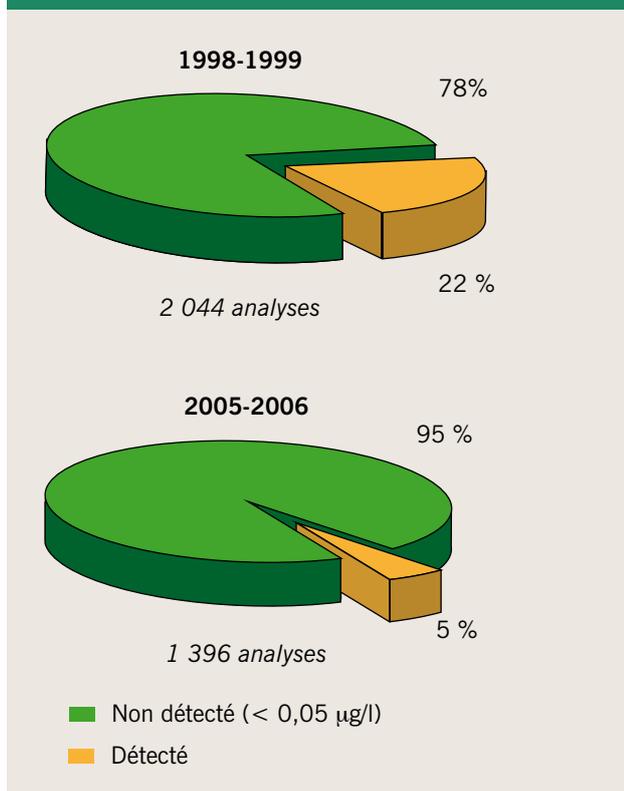
Un suivi biologique et chimique de la qualité de l'eau du Péron a été réalisé par la DIREN. Les contaminations du Péron par des herbicides betteraves et des fongicides blés ont été mises en relation avec les orages qui ont lessivé les cours de ferme en pente douce vers le ruisseau. Tous les corps de ferme ont été diagnostiqués (AQUASITE®). Dès la troisième année du programme, les agriculteurs ont implanté des bandes enherbées et des haies et les aménagements de cour de ferme ont été réalisés.

### Diagnostic des transferts de produits phytosanitaires sur le bassin du Péron (14000 ha) : les chiffres clés

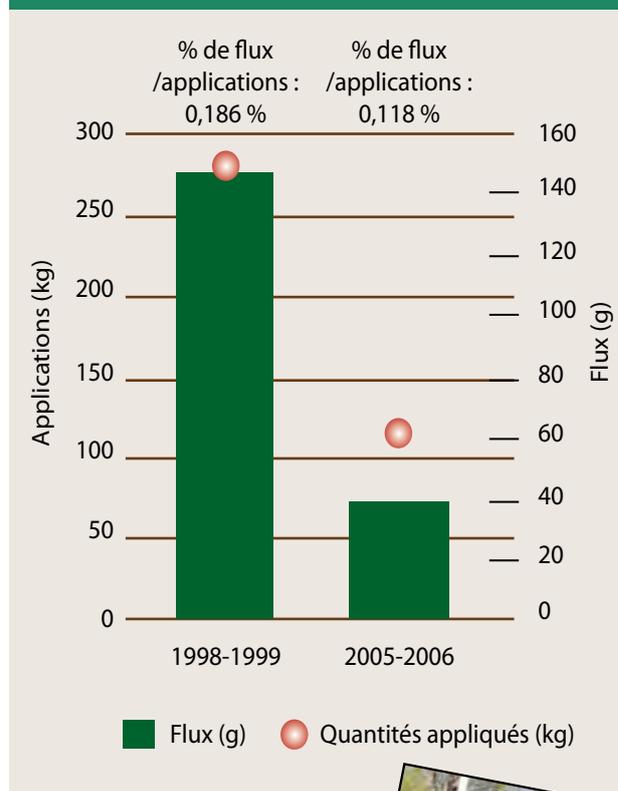
Transfert possible vers la nappe alluviale: 91 ha  
 Drainage et ruissellement par saturation: 52 ha  
 Infiltration rapide vers la nappe de la craie: 221 ha  
 (27 parcelles concernées dont 7 totalement)

Au total 364 ha présentent des risques de transfert vers les eaux soit 2,7 % de la SAU.

**Figure 21 : Evolution du nombre de matières actives détectées à la sortie du bassin versant.**



**Figure 22 : Evolution des quantités de produits utilisées et des flux à la sortie du bassin versant.**



Des solutions adaptées à chaque mode de transfert sont possibles à l'exception d'une dizaine d'ha (figure 24).

Le suivi de la qualité de l'eau (2007) ainsi que l'évolution de la richesse faunistique (poissons, oiseaux, orthoptères) à la fin du projet confirment l'intérêt et l'impact de la mobilisation des agriculteurs et de leurs changements de pratique sur la qualité de l'eau et des équilibres biologiques du bassin (tableau 4).

**Pour en savoir plus : tous les résultats sur le bassin versant de la Fontaine du Theil (brochure éditions ARVALIS)**



**Figure 23 : Evolution des flux des différentes familles d'herbicide à la sortie du bassin versant.**

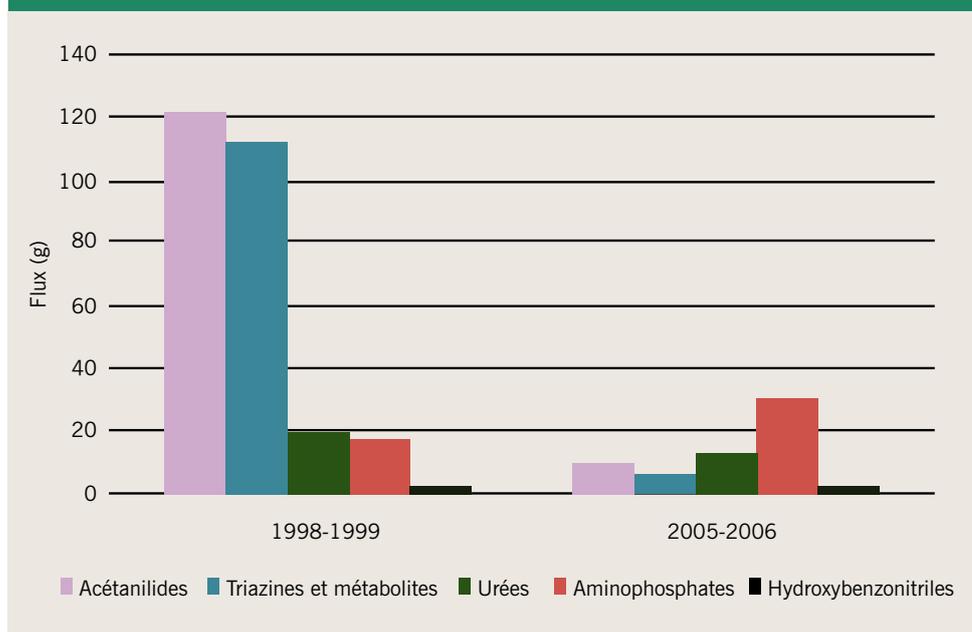
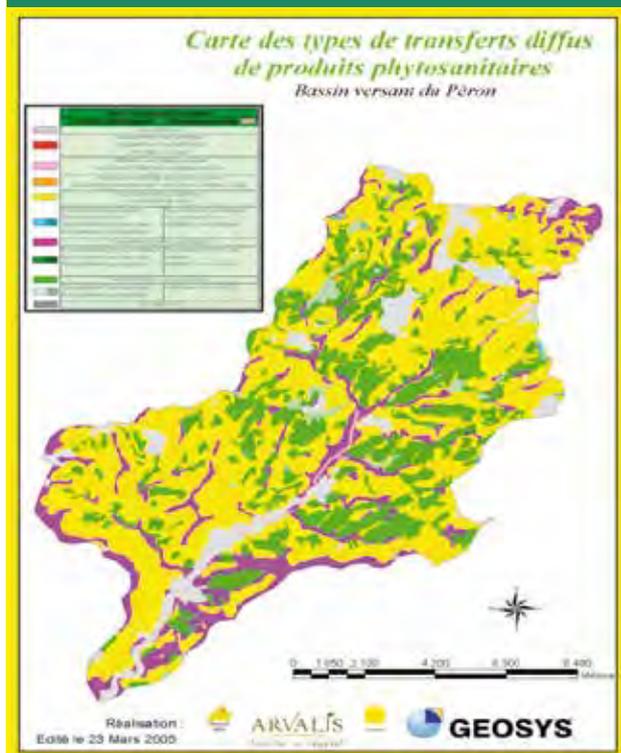


Figure 24 : Carte de diagnostic des risques de transferts établie avec AQUAVALLEE® pour le bassin versant du Péron.



Le cours d'eau du Péron



Tableau 4 : Détermination de l'Indice Biologique Diatomées sur le bassin du Péron, synthèse des résultats 2005-2007.

Stations	2005		2007	
	Espèces retenues dans l'IBD	Note IBD	Espèces retenues dans l'IBD	Note IBD
1) Le Péron Mesbrecourt	24	11,9/20	42	14/20
2) Canal Péron Château Richecourt	29	11,3/20	23	15,3/20
3) Le Péron aval la Ferté Chevresis	36	11,3/20	35	12,5/20
4) Le Péron aval Chevresis Monceau	Substrat couvert de limon		33	13,4/20
5) Canal Péron aval Chevresis Monceau	50	12,9/20	38	14,8/20
6) Canal Péron amont Chevresis Monceau	47	13,9/20	58	13,7/20
7) Le Péron amont Chevresis Monceau	assec		30	13,8/20

## EXEMPLES DE DIAGNOSTIC DES RISQUES ET SOLUTIONS PROPOSÉES DANS LE CADRE DE L'ACTION AGRI PER' AISNE

Sur l'ensemble du Bassin-versant, 13 modes de transferts différents ont été identifiés, donnant lieu à des fiches de diagnostic (*présentées ci-contre*) et des solutions adaptées à ces types de risques.

Automne/Hiver

**Mode de transfert 2  
À proximité du réseau hydrographique**

2



- Si traitement à une distance > à 20 m du réseau hydrographique : risque de **ruissellement hypodermique, ruissellement par saturation**
- Si traitement à une distance < à 20 m du réseau (cours d'eau ou fossés) : risque supplémentaire de **dérive de pulvérisation**
- Si proximité immédiate d'un cours d'eau : risque d'**inondations**

**RISQUES DE TRANSFERT VERS LES EAUX SUPERFICIELLES**

*Exemples : Vallée de la Serre, Vallée du Ton, Condé en Brie*



Automne/Hiver

**Mode de transfert 2  
À proximité du réseau hydrographique**

2



**Ruissellement (saturation, hypodermique)  
Inondation  
Dérive de pulvérisation**

**Solutions à mettre en œuvre**

- privilégier les cultures de printemps,
- si culture d'hiver, utiliser des herbicides foliaires ou des sulfonylurées,
- ne plus traiter quand les sols commencent à se saturer en eau,
- si la parcelle est à moins de 20 m d'un cours d'eau ou d'un fossé :
  - utiliser des buses à limitation de dérive,
  - appliquer les herbicides quand les conditions climatiques sont favorables (vent),
  - respecter les ZNT,
  - mettre en place une zone tampon (bande enherbée).

**RISQUES DE TRANSFERT VERS LES EAUX SUPERFICIELLES**

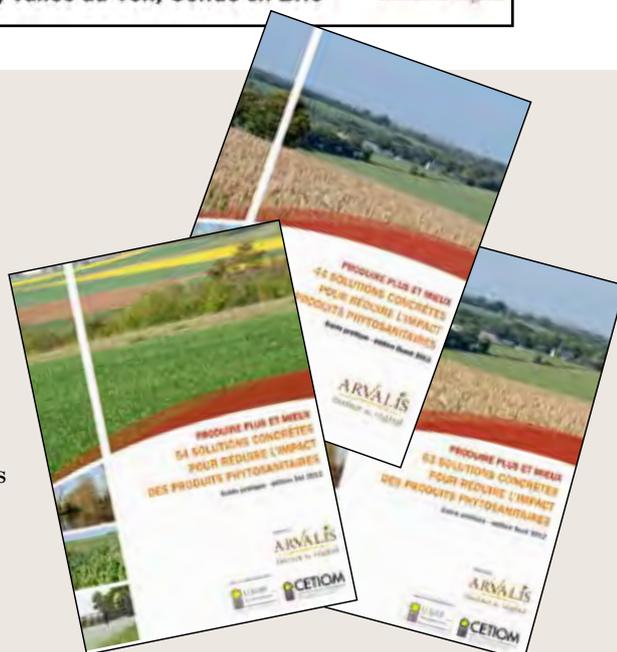
*Exemples : Vallée de la Serre, Vallée du Ton, Condé en Brie*



## EXEMPLE DE RECOMMANDATIONS VISANT À RÉDUIRE L'IMPACT DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES SUR LA QUALITÉ DES EAUX

Ces brochures régionalisées présentent les solutions sous forme de fiches pour concilier l'objectif de production et celui de limiter les risques pour la qualité de l'eau. Les points abordés concernent les bonnes pratiques pour la gestion de la pulvérisation, la lutte contre les adventices, les ravageurs, les maladies.

Cinq éditions régionalisées : Centre, Est, Nord, Ouest et Sud. Disponibles auprès des délégations régionales ARVALIS ou aux Editions ARVALIS, BP 93, 14110 Condé-sur-Noireau.



07

## Conclusion

# Associer l'optimisation des intrants et la maîtrise des transferts

**L**es connaissances sur les transferts de produits phytosanitaires dans le milieu ont progressé grâce aux résultats issus des essais pluriannuels au champ dans des conditions de culture, pédologiques et climatiques diversifiées. Il serait prématuré aujourd'hui de croire que nous connaissons parfaitement le devenir de ces SA du fait de leur nombre (plus de 100 SA autorisées en agriculture) et de la complexité des interactions possibles avec le milieu. En revanche il nous semble possible de tirer à la lumière des premiers résultats quelques recommandations pour la mise en place de plans d'action visant à réduire leur impact sur l'environnement :

- Il convient d'abord de cibler les SA qui posent problème localement (dans le bassin-versant, le bassin d'alimentation de captage...) car les actions préventives à mettre en place peuvent différer d'une SA à l'autre selon son mode de transfert
- La maîtrise des pollutions ponctuelles devrait être prioritaire dans le champ d'actions possibles au sein d'un territoire. Certes, la réglementation a déjà intégré un certain nombre de mesures susceptibles de les maîtriser, mais l'évolution des pratiques nécessite de l'accompagnement et de la formation sur les bonnes pratiques et de l'entraînement que la seule réglementation ne peut régler. Les risques ponctuels impactent de façon importante la qualité des eaux superficielles et souterraines (zones d'infiltration rapides) mais sont les plus faciles à diagnostiquer, les plus simples à maîtriser, les moins coûteux à gérer et sont faciles à appréhender par les agriculteurs. L'effet pédagogique lié à la maîtrise des risques ponctuels est en général un bon tremplin pour attaquer ensuite la résolution des transferts diffus.
- Un diagnostic aussi précis que possible doit être réalisé pour identifier les sources de transferts diffus, en croisant les caractéristiques du milieu (sol, climat) avec les pratiques culturales (SA, doses, époques d'application...). Ce diagnostic

doit aboutir à une caractérisation des types de risques par parcelle ou par groupe de parcelles afin de pouvoir proposer des changements de pratiques ou des aménagements pertinents, c'est-à-dire susceptibles de réduire ou de supprimer les transferts. En d'autres termes, il ne peut y avoir de solutions efficaces sans diagnostic précis des causes.

- Le plan d'actions permettant de maîtriser les risques de pollutions n'est que le prolongement logique d'un diagnostic précis des sources. C'est la combinaison de plusieurs leviers (agronomie, choix des produits, dates d'application, dose...) sur les situations à risques qui contribue efficacement à la qualité de l'eau. A contrario, l'application de mesures uniformes sur l'ensemble d'un territoire réputé vulnérable, n'a que peu de chances d'aboutir à l'objectif recherché.

L'expérience des bassins versants pilotes (AgriPéron, La Fontaine du Theil...) montre que les actions visant à réduire l'impact des produits phytosanitaires sur la qualité de l'eau, nécessitent l'appui et l'accompagnement de tous les organismes de conseil et de distribution (coopératives et négoce).

Concernant la maîtrise des risques de lessivage du nitrate, l'expérimentation au champ depuis plusieurs années montre plusieurs leviers possibles de progrès :

- la fixation d'objectifs de rendement réalisés,
- la prise en compte des fournitures du sol (Reliquat Sortie Hiver),
- le « pilotage » et le fractionnement des apports,
- l'implantation de CIPAN dans les intercultures à risque.

La réduction de la dose d'azote en dessous de l'optimum de fertilisation présente des inconvénients pour la production (rendement et qualité) et peu d'intérêt pour la qualité de l'eau.

## Impact des Techniques Culturelles Sans Labour sur les transferts de produits phytosanitaires et la pression parasitaire

ADEME, ARVALIS - Institut du végétal, INRA, CHAMBRES D'AGRICULTURE, AREAS, ITB, CETIOM, ITV

### Impacts positifs et négatifs par rapport aux milieux

Un des premiers aspects positifs des techniques culturales sans labour est qu'elles sont susceptibles de répondre à plusieurs objectifs de la proposition de Directive du Parlement Européen et du Conseil définissant un cadre pour la protection des sols et modifiant la Directive 2004/35/CE. En effet, parmi les objectifs figurent la lutte contre les phénomènes d'érosion, la lutte contre la diminution des teneurs en matière organique des sols, la diminution de la contamination des sols, et la lutte contre l'appauvrissement de la biodiversité. Or, nous avons pu constater que sur ces thèmes la plupart des auteurs montrent que les techniques culturales sans labour permettent de limiter les phénomènes de ruissellement de surface, facteur déclenchant de l'érosion, sur les sols sensibles à ce phénomène (sols battants), qu'elles favorisent l'augmentation des teneurs en matières organiques et qu'elles permettent un développement de la microfaune et de la faune du sol. D'autre part, l'augmentation des teneurs en matière organique et de l'activité biologique des sols par le développement de la microfaune entraîne une activité biologique plus intense qu'en système labouré qui peut assurer une dégradation plus rapide des résidus de produits phytosanitaires. Cela peut contribuer à baisser la contamination des sols si les résidus de produits phytosanitaires étaient considérés comme des contaminants par le projet de Directive.

Une analyse plus fine des relations entre milieu et techniques culturales sans labour permet de dégager quelques pistes de réflexion.

#### Techniques simplifiées et ruissellement

Les techniques simplifiées de travail du sol pratiquées sur le long terme réduisent le ruissellement hortonien. Cela concerne des surfaces importantes en limon battant dans le Nord Bassin Parisien (Nord - Pas de Calais, Picardie, Haute Normandie), dans la bordure Est du Bassin Parisien, dans le Sud Ouest (boulbènes d'Aquitaine et région du Lauragais), dans la vallée du Rhône, dans le vignoble du Sud Est et en Alsace (Sundgau). Pour autant que les rotations pratiquées par les agriculteurs permettent l'adoption de ces techniques, les transferts de

résidus de produits phytosanitaires, en général vers les eaux superficielles pourraient diminuer. On rappellera toutefois qu'à la simplification du travail du sol il est possible d'associer certains aménagements du paysage qui ont fait leur preuve dans l'interception des transferts de pesticide par ruissellement hortonien : damier de culture, implantation pertinente de zones tampons, etc.

En revanche, les techniques simplifiées n'auront que peu d'effet positif dans des contextes de sols limoneux sur socle maintenant le sol en période hivernale à une teneur en eau proche de la saturation. En effet, le ruissellement qui s'y produit est du ruissellement par saturation. Une fois que la réserve utile de ces sols est pleine, la parcelle déborde. Il est possible que les techniques simplifiées aient un impact positif sur la dégradation des produits phytosanitaires à demi-vie élevée appliqués au printemps et susceptibles d'être transférés au cours de la reprise des écoulements en automne et en hiver mais l'impact sera nul sur les herbicides appliqués en automne ou en hiver sur céréales. Dans ces situations, le choix de la période d'application (avant la saturation en eau des sols) et le choix d'herbicides peu mobiles appliqués à faible dose seront plus déterminants sur la limitation des transferts. Ces types de transferts concernent le grand Ouest de la France, une partie de la Bourgogne et de la Franche Comté, les Dombes et les boulbènes du Sud Ouest qui sont à la fois battants et hydromorphes mais dont les périodes de ruissellement correspondent plutôt à la fin du printemps et au début de l'été à cause du régime des précipitations.

#### Techniques simplifiées et drainage

Nous avons vu qu'en parcelle drainée, les techniques simplifiées réduisaient les transferts de produits phytosanitaires appliqués au printemps lors de la reprise des écoulements en automne ou en hiver. On peut considérer que les transferts à la fin du printemps et en été sont peu fréquents en France à l'exception des boulbènes drainés du Sud Ouest où le régime d'orage est particulièrement important en mai, juin et juillet, période où les cultures de printemps

ne couvrent pas entièrement le sol et période proche des applications d'herbicides. Là encore, il s'agira d'utiliser les herbicides appliqués à faible dose ou d'utiliser des herbicides faiblement mobiles.

Dans les quelques 2,5 millions d'hectares drainés en France, il faudra raisonner de la même manière pour les herbicides appliqués en hiver puisque nous avons constaté que les transferts en période hivernale peuvent être plus importants en techniques simplifiées qu'en labour à cause de la formation de circuits préférentiels. Cela concerne le grand Ouest de la France, une partie de la Bourgogne et de la Franche Comté, les Dombes. Dans les boulbènes de Sud Ouest qui sont à la fois battant et hydromorphes, les faibles précipitations hivernales présentent moins de risque de transfert pour les parcelles cultivées en blé.

#### Techniques simplifiées et lixiviation

Le non-labour entraîne la formation de circuits préférentiels susceptibles de provoquer des transferts rapides de résidus de produits phytosanitaires en profondeur. Cela est à relativiser en fonction du niveau de réserve utile des sols et de leur teneur en argile. En effet, sur des sols avec des niveaux de réserve utile de 120 mm, il est peu probable que la lixiviation de résidus soit très rapide et provoque la contamination des nappes sauf si celles-ci sont situées à faible profondeur. Pour les sols à plus faible réserve utile, notamment avec l'utilisation d'herbicides en automne ou en hiver, il s'agira d'appliquer le raisonnement conseillé pour les sols drainés ou les sols hydromorphes. Dans les sols à taux élevé d'argile (supérieur à 25 %) il conviendra d'être prudent lors de l'application d'herbicides à la fin de l'été en en automne. En effet, la présence de circuits préférentiels est accentuée par la dessiccation du sol en période estivale. Ce n'est que quand la réserve utile se reconstitue et que les argiles gonflent que ces fentes de retrait diminuent et disparaissent. Des applications trop précoces en automne augmenteraient le risque de lixiviation de résidus en profondeur. Ce type de sol est réparti un peu partout en France.

Cette typologie des aspects négatifs et positifs des techniques de travail du sol simplifiées mérite d'être complétée par une évaluation plus précise des phénomènes d'adsorption des produits phytosanitaires sur la matière organique des parcelles en technique simplifiée. Nous avons vu que l'enrichissement en matière organique de l'horizon de surface des parcelles en non-labour permettait à la fois une adsorption supérieure à celle permise en labour ou en pseudo-labour mais aussi une augmentation de l'activité biologique ainsi que la dégradation des produits phytosanitaires. En fait, il est difficile d'avoir une approche typologique fine des impacts positifs et négatifs des techniques simplifiées dans la mesure où dès l'application d'un produit phytosanitaire entrent en concurrence ou en compétition l'ensemble de ces phénomènes qui sont très liés au statut hydrique du sol et au régime des précipitations qu'il va subir. Cela conduit à proposer de nouvelles pistes d'étude. En effet la plupart des références qui montrent un impact positif (transfert par ruissellement hortonien) proviennent d'études réalisées sur des sols de limons battants. Mais réduire le ruissellement de surface et entraîner une augmentation de la lixiviation de limons battants à faible réserve utile n'est pas une solution acceptable si les nappes d'eau souterraines sont superficielles ou si ces limons sont sur des milieux karstiques. De la même manière, nous avons vu que les techniques sans labour du sol dans des contextes où les teneurs en eau du sol sont souvent proches de la saturation en période hivernale pouvaient augmenter les transferts de produits phytosanitaires selon les régions et leur régime climatique. Il paraît alors important, afin de pouvoir esquisser des typologies, non seulement en fonction des milieux pédoclimatiques mais aussi en fonction des types de rotations et de la longueur de ces rotations d'affiner les connaissances sur les interactions type de sol/climat/matière organique/dégradation/transfert pour aboutir à des conseils pertinents tant au niveau du travail du sol qu'au niveau des itinéraires de protection des cultures.

ARVALIS  
Institut du végétal

ARVALIS - Institut du végétal  
3, rue Joseph et Marie Hackin  
75116 PARIS  
Tél. : 01 44 31 10 00  
[www.arvalis-infos.fr](http://www.arvalis-infos.fr)

Membre de 

**Avec la participation financière du Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural (CASDAR), géré par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire.**