



# PRATIQUES CULTURALES ET QUALITÉ DE L'EAU MAÎTRISER LES IMPACTS

20 ans d'expérimentation  
à la station de la Jaillière

Avec le concours financier de :



ARVALIS  
Institut du végétal

# Sommaire



## Pratiques culturales et qualité de l'eau : maîtriser les impacts

Les agriculteurs mobilisés pour préserver l'environnement..... 3

Le site «qualité des eaux» de la Jaillière, un dispositif de recherche pour caractériser et quantifier les phénomènes de transfert des minéraux et des produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle agricole..... 4

Comment limiter les pollutions diffuses par les produits phytosanitaires ? ..... 6

Comment limiter les pollutions diffuses par l'azote et le phosphore ? ..... 11

**M**is en place en 1987, les premiers suivis des teneurs en solutés des eaux de drainage et de ruissellement ont démarré en 1989 (minéraux), puis se sont intensifiés dans les années 90 avec les produits phytopharmaceutiques. Dans le cadre de la conduite du dispositif « pratiques culturales et qualité des eaux » de la Jaillière, ARVALIS-Institut du végétal mobilise les compétences multiples et complémentaires de ses partenaires : INRA, IRSTEA, CETIOM, UNIP, ESA d'Angers, Université d'Angers, Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire. Que chacun soit vivement remercié pour sa précieuse contribution à ces travaux.

Ce document a été rédigé par  
Anne-Monique Bodilis  
Jean-Pierre Cohan  
Anne-Sophie Colart  
Céline Drillaud  
Alain Dutertre  
Afsaneh Lellahi  
Jonathan Marks-Perreau  
Benoît Real  
(ARVALIS - Institut du Végétal)

ISBN 978-2-8179-0206-7 - ref. 2067

Dépôt légal juin 2013

# Les agriculteurs mobilisés pour préserver l'environnement



**L**es agriculteurs ont à cœur de préserver l'environnement et de limiter les impacts liés à leur activité, notamment en maîtrisant les risques de pollutions par l'azote, le phosphore et les produits phytosanitaires.

Au même titre que les risques de pollutions ponctuelles - liés au stockage, à la préparation des bouillies, à l'utilisation du pulvérisateur et à la gestion des emballages - les risques de contaminations diffuses à la parcelle peuvent affecter la qualité des eaux.

Pour agir efficacement, il faut d'abord comprendre. Aussi, nous nous sommes engagés, depuis plus de 20 ans, dans un important programme de recherche sur le site ARVALIS - Institut du végétal de la Jaillière (44). Ces travaux mobilisent des compétences multiples et complémentaires pour mettre au point des solutions techniques préservant la qualité des eaux, adaptées à chaque situation.

## COMPRENDRE

Le dispositif permet de caractériser le comportement des minéraux et des résidus de produits phytosanitaires sur le moyen et long terme, à l'échelle de la parcelle agricole, en conditions de plein champ, dans un milieu et des systèmes de culture représentatifs de notre région.

## MAITRISER LES IMPACTS

Le dispositif permet aussi d'identifier des leviers d'action pour protéger et fertiliser les cultures en maîtrisant les risques de pollution des eaux. Certaines recommandations font simplement appel au bon sens comme, par exemple, éviter d'appliquer un produit de protection des plantes juste avant une pluie annoncée en période de drainage ou sur un sol saturé d'eau. D'autres, en revanche, nécessitent un diagnostic plus approfondi, comme la modification des stratégies de protection des cultures ou la localisation optimisée des zones tampon pour limiter les transferts par ruissellement.

Nous disposons aujourd'hui de références objectives pour évaluer l'impact des pratiques agricoles sur la qualité des eaux de drainage et de ruissellement, extrapolables aux milieux hydromorphes drainés ou non. L'efficacité et la faisabilité de voies de progrès sont désormais bien identifiées. Il est de la responsabilité de chacun, en fonction du contexte de son exploitation, de les mettre en œuvre.

**Bernard BELOUARD**

Président de la Commission régionale ARVALIS - Institut du végétal  
des Pays de la Loire

**ARVALIS**  
Institut du végétal

membre



*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'Agroalimentaire et de la Forêt.*

# 01

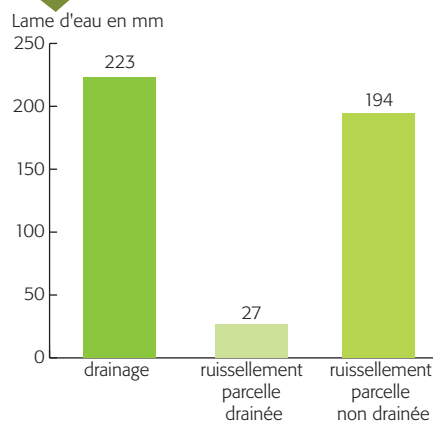
Le site «qualité des eaux» de la Jaillière, un dispositif de recherche pour caractériser et quantifier les phénomènes de transfert des minéraux et des produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle agricole.

## Un contexte climatique et géologique représentatif des limons sur schiste de l'Ouest

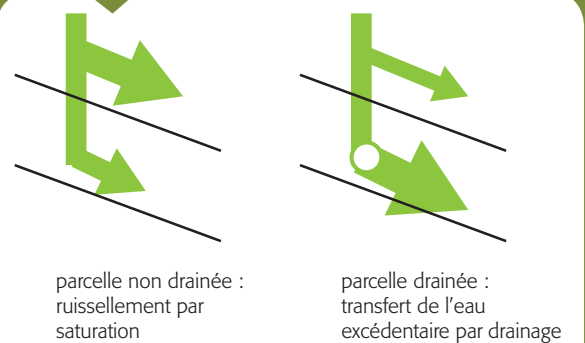
Le site expérimental est situé sur la station d'ARVALIS – Institut du végétal de la Jaillière entre Nantes et Angers sur des sols bruns hydromorphes, moyennement profonds (réserve utile de 100 mm).

On relève 734 mm de pluie par an en moyenne, avec une période d'excès d'eau hivernal et de sécheresse estivale.

**Figure 1 : quantité d'eau sortant des parcelles pendant la saison de drainage (moyenne annuelle sur la période 1998 - 2012)**



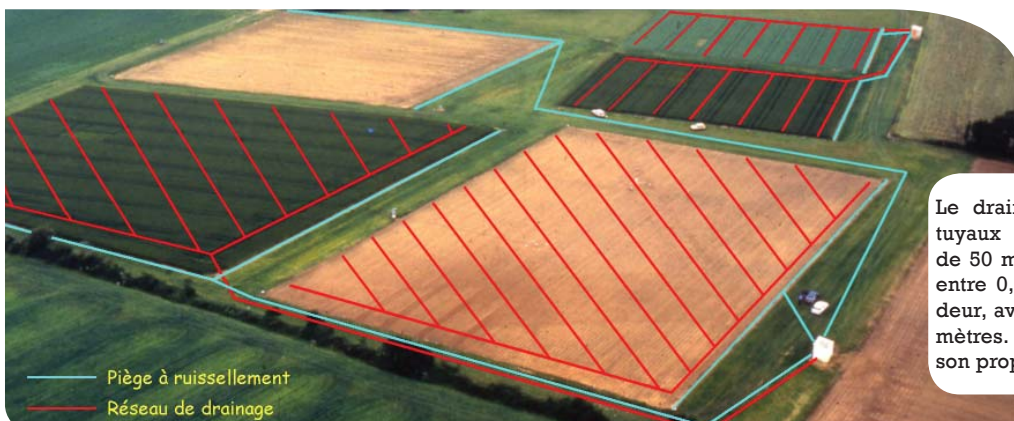
**Figure 2 : représentation du mode de circulation de l'eau dans les sols de la Jaillière selon la schématisation du CORPEN**



Dans ce sol de limon sur schiste, l'eau ne peut s'infiltrer au-delà de la zone d'altération de la roche mère, horizon imperméable, situé ici à 80 cm de profondeur environ.

En parcelle non drainée, une fois la réserve utile du sol remplie, l'eau s'écoule en partie par ruissellement hypodermique, au niveau de l'altérite de schiste, et surtout par ruissellement en surface (194 mm par an en moyenne), provoqué par la saturation en eau du sol.

En parcelle drainée, l'eau excédentaire s'écoule majoritairement par les drains (223 mm par an en moyenne) mais également par ruissellement en surface (27 mm par an en moyenne), lorsque les drains ne suffisent pas à évacuer.



Le drainage est assuré par des tuyaux enterrés en PVC annelé, de 50 mm de diamètre, implantés entre 0,8 et 1,0 mètre de profondeur, avec des écartements de 10 mètres. Chaque parcelle possède son propre réseau de drainage.

## Des suivis expérimentaux pour quantifier les transferts à l'échelle de la parcelle

Le dispositif d'expérimentation comprend 11 parcelles agricoles (dimension 1 ha environ) dont on collecte séparément les eaux de drainage et/ou de ruissellement.

L'objectif est de quantifier les pertes de solutés (minéraux depuis 1989 et phytosanitaires depuis 1994) dans les eaux de drainage et/ou de ruissellement, et de les mettre en relation avec les pratiques culturales mises en œuvre.



Le débit est mesuré par des bacs déversoirs.



Le ruissellement de surface, provoqué par la saturation en eau du sol, est intercepté par des pièges à ruissellement.

## Trois conduites culturales étudiées

Les parcelles sont cultivées avec du matériel agricole classique et trois successions de cultures ont été étudiées :

- successions de cultures représentatives des systèmes de polyculture élevage :
  - > prairies temporaires/maïs blé
  - > maïs/blé avec apports réguliers de fumier de bovins;
- succession représentative de systèmes céréaliers avec un protéagineux, du blé et du colza, sans apports d'engrais de ferme.

Trois parcelles du dispositif sont conduites en techniques culturales sans labour : semis direct ou travail superficiel (depuis 1989, 1996 ou 2007 selon les parcelles) ; les 8 autres sont labourées, ce qui permet d'étudier l'effet du travail du sol sur les transferts.



Les échantillons d'eau sont prélevés automatiquement en fonction du débit

> Les eaux de drainage et de ruissellement sont acheminées par des collecteurs étanches depuis les parcelles jusqu'à des chambres de mesure du débit ce qui permet de suivre l'évolution de la lame d'eau en continu au cours de la campagne agricole.

> Des échantillons d'eau sont prélevés automatiquement en fonction du volume d'eau écoulé puis analysés.

> Le flux d'un soluté pour une période donnée (semaine, mois, année) est le produit de la concentration mesurée (résultat d'analyse) par la lame d'eau drainée ou ruisselée.

# 02

## Comment limiter les pollutions diffuses par les produits phytosanitaires ?



Les transferts de résidus de produits phytosanitaires vers les eaux de surface (drainage et ruissellement) sont mesurés sur les parcelles expérimentales de la Jaillière depuis 1994. L'analyse d'échantillons d'eau permet de suivre les chroniques des concentrations et de calculer les flux pour chacune des molécules suivies dans les eaux de drainage et de ruissellement.

Sur la période 1994 – 2010,  
> 80 substances actives (SA) dont 4 métabolites ont été suivies  
> 13 884 analyses élémentaires ont été effectuées dans les eaux de drainage et de ruissellement.

**Les résultats présentés ci-après sont représentatifs des phénomènes observés dans les sols de limon hydromorphe drainés ou non.**

### Comprendre les phénomènes

Les quantités de produits susceptibles de quitter une parcelle sont très faibles au regard des quantités appliquées (quelques mg à quelques g par ha) mais peuvent ponctuellement provoquer des pics de concentration, préjudiciables en vue de la production d'eau potable ou aux écosystèmes aquatiques. Certaines substances actives, indépendamment de la quantité appliquée, ne sont jamais détectées : **sur les 80 SA suivies, 21**

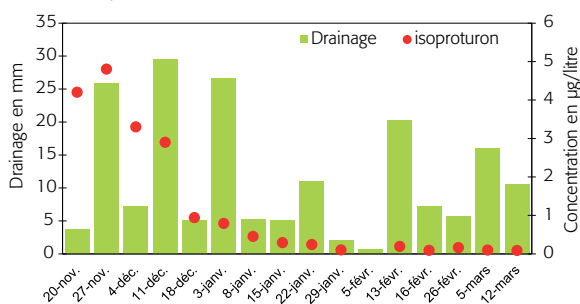
**n'ont jamais pu être quantifiées. Une vingtaine de molécules dépasse ponctuellement le seuil de 2 µg/l (seuil eaux brutes à ne pas dépasser pour la production d'eau potable), mais à des fréquences généralement inférieures à 10 %.**

Pour les SA qui sont quantifiées dans l'eau quittant les parcelles, on relève des pics de concentration dans les semaines qui suivent l'application, puis une décroissance progressive plus ou moins rapide des valeurs mesurées en fonction des conditions du milieu (sol, climat) et des caractéristiques propres à chaque molécule (figure 3). Aussi, les SA appliquées en période d'écoulement (hiver) sont plus exposées au transfert que celles appliquées au printemps, hors saison de drainage.

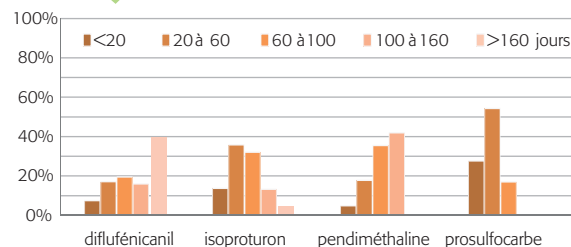
**En milieu hydromorphe, les transferts sont plus importants en parcelle non drainée qu'en parcelle drainée**

En parcelle non drainée, l'eau excédentaire s'évacue par ruissellement. Malgré des volumes écoulés plus faibles qu'en drainage, cette eau est plus chargée en matières en suspension, particules de sol sur lesquelles se fixent préférentiellement les résidus de produits phytosanitaires (phénomène d'adsorption sur les sédiments et colloïdes organiques transportés par le ruissellement).

**Figure 3 : transfert d'isoproturon dans les eaux de drainage - parcelle 10 - La Jaillière 2006-2007**



**Figure 4 : répartition des analyses supérieures à la limite de quantification\* selon le nombre de jours entre l'application et l'analyse**



Les cinétiques de transfert dépendent des caractéristiques des SA et notamment leur demi-vie\*\* dans le sol et leur capacité à s'adsorber sur les argiles ou la matière organique du sol.

S. A.	½ vie (DT50) en jours
diflufenicanil	150
isoproturon	22
pendiméthaline	90
prosulfofocarbe	24

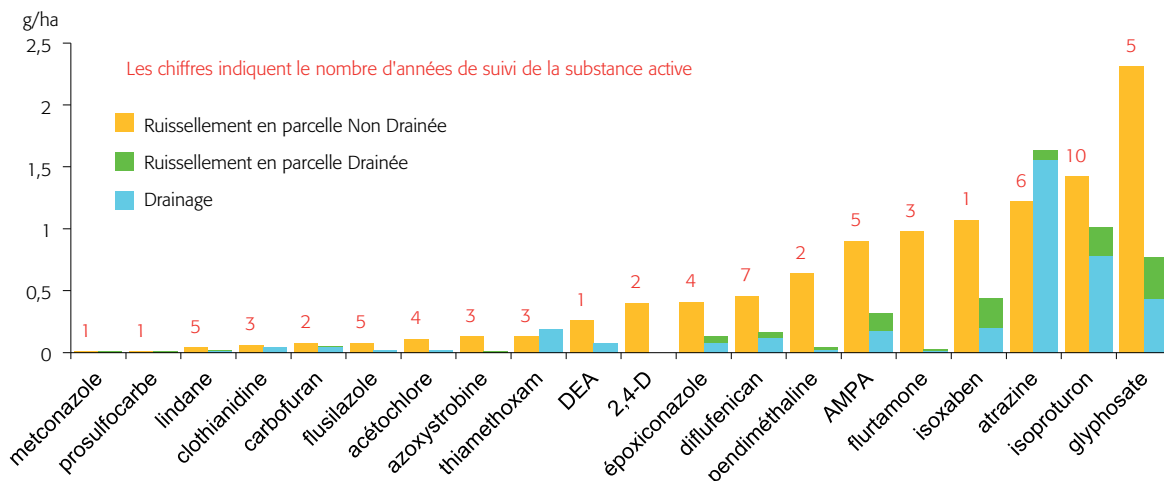


© Nicole Comec

\*La limite de quantification (LQ) d'un résultat d'analyse est la concentration la plus basse mesurable avec précision et fiabilité dans les conditions de mise en œuvre des méthodes analytiques par le laboratoire. La limite de détection (Ld), inférieure à la limite de quantification, est le seuil au-dessus duquel la substance est considérée comme présente dans l'échantillon analysé, sans pouvoir en déterminer une grandeur mesurable.

\*\*La demi-vie traduit le nombre de jours nécessaires à la dégradation de 50 % de la quantité de SA appliquée.

**Figure 5 : flux moyen annuel des substances actives quantifiées selon le type d'écoulement**



## Travail du sol : un impact différent selon la période d'application des produits

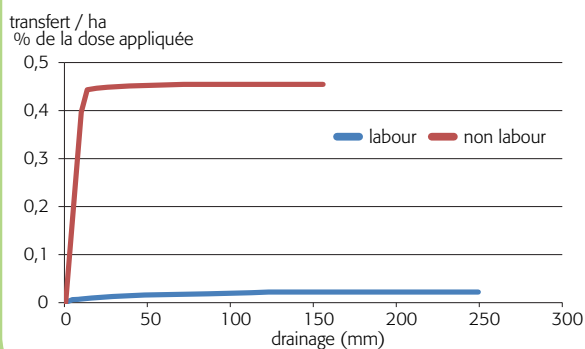
NB : Les données permettant d'évaluer l'impact du travail du sol sont encore peu nombreuses sur le dispositif. La tendance qui semble se dégager reste donc à confirmer.

Les transferts par drainage de produits mobiles appliqués à l'automne sont en tendance plus élevés en non labour qu'en labour – cas de l'isoproturon et du diflufenicanil par exemple (figure 6).

Ce phénomène pourrait s'expliquer par la présence de circuits préférentiels (fissures de sol, galeries de vers de terre non détruites par le travail du sol ...) permettant des écoulements rapides vers les drains. Nb : on observe le même comportement au printemps, en année pluvieuse avec écoulements printaniers.

En revanche, pour les produits appliqués au printemps, après saison de drainage, et susceptibles d'être encore transférés à l'automne qui suit, les transferts sont en tendance moins importants en non labour – cas de l'époxiconazole (figure 7). Cela pourrait s'expliquer par une biodégradation plus rapide en sol non labouré du fait d'une concentration de la matière organique et de l'activité biologique dans l'horizon de surface.

**Figure 6 : flux d'isoproturon suite à l'application en parcelle labourée et en parcelle non labourée - eau de drainage, La Jaillière 2007**



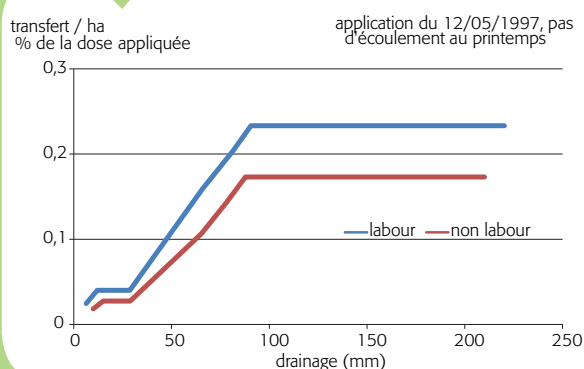
## Comment limiter les transferts ?

### Appliquer les produits sensibles au transfert avant ou après la saison de drainage

**Une pluie drainante juste après application génère un pic de concentration élevé dans les eaux quittant la parcelle.**

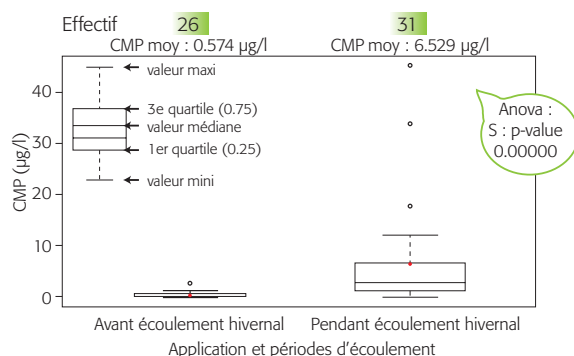
Si, en période de drainage, une pluie survient proche de l'application, la concentration mesurée peut se révéler élevée. Au contraire, un délai plus important entre l'application et la pluie drainante réduit très fortement le pic de concentration car la molécule a déjà été fixée et/ou en partie dégradée.

**Figure 7 : époxiconazole, transferts par drainage**



**Figure 8 : concentrations moyennes pondérées (CMP\*) en isoproturon relevées dans les eaux de drainage et de ruissellement des parcelles drainées selon la période d'application :**

\*CMP ( $\mu\text{g/l}$ ) =  $\Sigma \text{Flux (mg)} / \Sigma \text{Lame d'eau (mm)} / 10$



\* La concentration moyenne pondérée (CMP) est une concentration recalculée sur une période donnée (mois, année) à partir du flux du soluté et de la lame d'eau (drainage ou ruissellement)

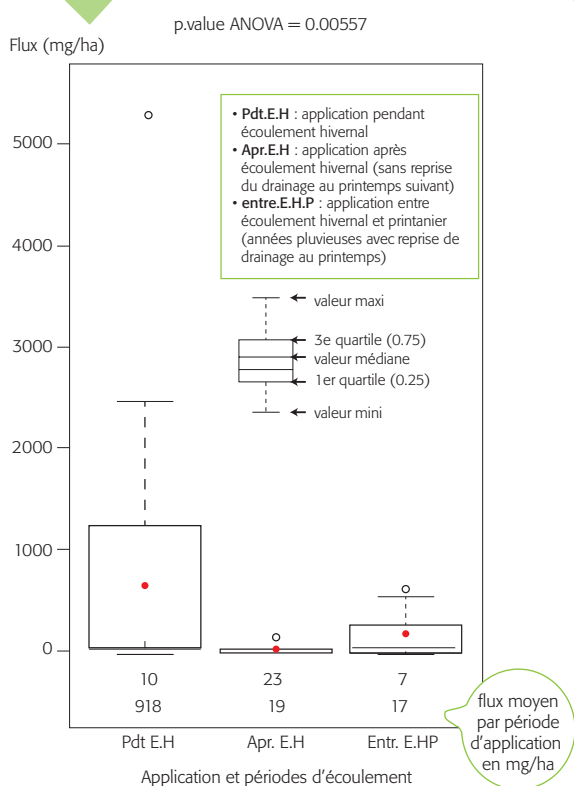


**Une application sur un sol saturé d'eau favorise la vitesse et le volume des transferts.**

Les risques de transfert augmentent lorsque les produits sont appliqués au cours de la période d'écoulement – de décembre à mars dans le contexte de la Jaillière.

Ainsi, des traitements d'automne, sur un sol non saturé d'eau, entraînent moins de transferts que ceux de février, en pleine saison de drainage (figures 8 et 9). Plus rares, des transferts peuvent avoir lieu en cas de reprise de drainage au printemps (printemps très pluvieux).

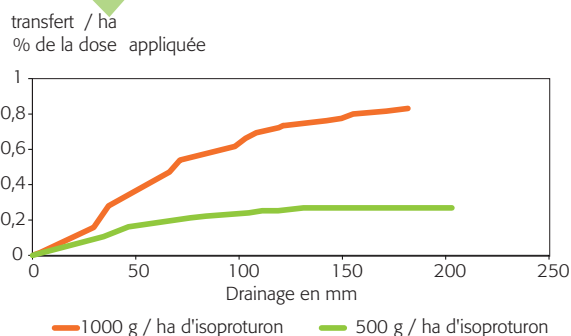
**Figure 9 : effet de la période d'application sur les flux de glyphosate en parcelle non drainée (ruissellement)**



### Réduire les doses lorsque c'est possible :

**La réduction de dose, lorsqu'elle est possible, est une solution pour réduire les transferts de certaines substances actives.**

**Figure 10 : appliquée en début de période de drainage (15/11/06), une dose réduite d'isoproturon réduit fortement les transferts par drainage**

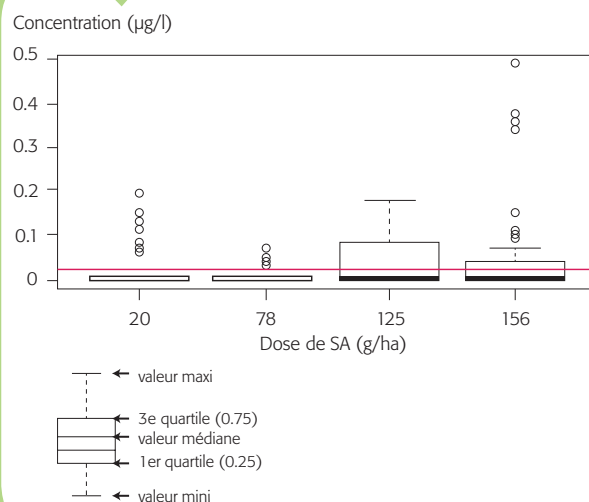


Dans cet exemple la réduction de dose permet une forte réduction des transferts par drainage. Ce levier n'est efficace que pour des applications effectuées avant le démarrage du drainage.

L'intérêt de cette technique est d'autant plus marqué que les autres conditions sont réunies : absence de pluie dans les jours qui suivent le traitement, sol non saturé d'eau.

L'effet de la dose d'application est significatif également pour le diflufenicanil (figure 11).

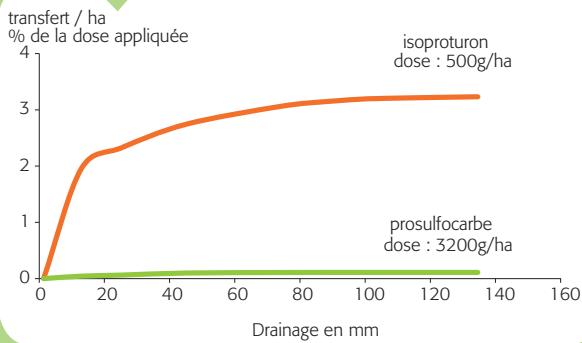
**Figure 11 : diflufenicanil (DFF) appliqué avant la période de drainage : concentration dans les eaux de drainage**



## Opter pour un produit moins mobile, lorsque c'est possible techniquement et économiquement

Le remplacement d'une molécule mobile par une autre molécule moins mobile limite les transferts.

**Figure 12 : la substitution de produit peut contribuer à réduire les transferts par drainage**



Dans cet exemple, l'utilisation du prosulfocarbe qui a un coefficient d'adsorption sur le complexe argilo-humique presque 14 fois plus élevé que celui de l'isoproturon, conduit à un flux dans les eaux de drainage environ 5 fois plus faible.

La maîtrise des risques de pollution diffuse par les produits phytosanitaires passe donc par un diagnostic préalable permettant de proposer des solutions adaptées. Les leviers à mettre en œuvre sont diversifiés et spécifiques à chaque situation.

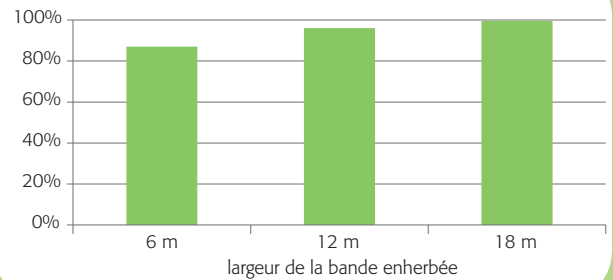
- déterminer le cheminement et la destination de l'eau excédentaire dans et hors des parcelles,
  - repérer les périodes d'écoulement et leur éventuelle concomitance avec les interventions phytosanitaires,
  - identifier la nature des substances actives appliquées et leur période d'application,
- sont des étapes indispensables pour bâtir un plan d'action pertinent.

## Installer des bandes enherbées pour piéger et épurer les eaux de ruissellement

En présence de ruissellement par refus d'infiltration (croûte de battance, tassement en surface ...), les écoulements à la surface du sol peuvent être efficacement captés et épurés par l'installation d'une zone tampon. Plusieurs années d'expérimentation, en partenariat avec l'IRSTEA (ex Cemagref), à la Jaillière et dans d'autres sites en France, ont mis en évidence l'efficacité des dispositifs enherbés pour ralentir et filtrer les eaux de ruissellement. Le dispositif enherbé, selon sa largeur et les épisodes de ruissellement, capte 62 à 99 % des volumes d'eau ruisselée, retient les matières en suspension et réduit ainsi les concentrations et les flux de produits phytosanitaires. Il n'y a pas d'accumulation de produits sous les bandes enherbées : ils y sont rapidement dégradés du fait de l'importante activité biologique qui y règne.

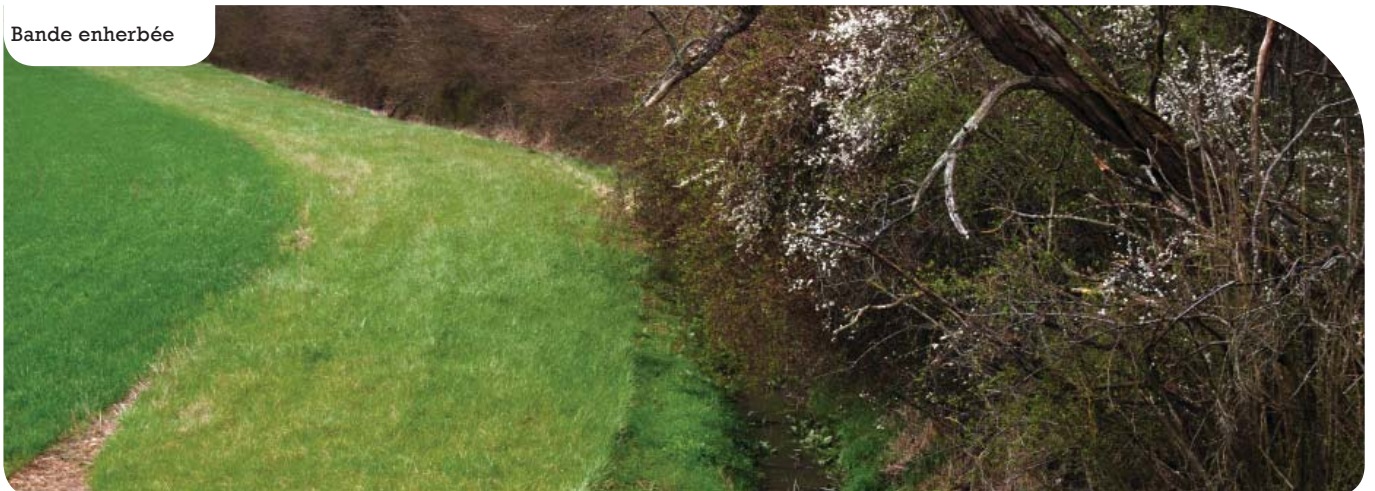
En milieu hydromorphe, ces zones tampons sont en revanche moins efficaces : étant elles-mêmes saturées d'eau, elles captent mal les eaux de ruissellement.

**Figure 13 : efficacité en % du témoin sans bande enherbée**



L'efficacité des bandes enherbées sur les flux de produits phytosanitaires est de l'ordre de 85 à 99% en comparaison avec une parcelle témoin sans bande enherbée (synthèse pluriannuelle 1993 - 1996 sur 3 sites expérimentaux de l'ouest de la France).

Bande enherbée



# 03

## Comment limiter les pollutions diffuses par l'azote et le phosphore ?



### Comment limiter les transferts d'azote ?

#### L'effet du drainage

Le drainage permet d'évacuer rapidement l'excès d'eau dans les sols, en particulier dans les 25 premiers centimètres du profil, diminuant ainsi le ruissellement à la surface du sol.

En parcelle drainée, l'eau se charge en azote, au cours de son trajet dans le sol, avant de rejoindre les drains. Les quantités d'azote transférées et les concentrations en nitrate de l'eau quittant les parcelles sont plus importantes qu'en parcelle non drainée.

Toutefois, ces transferts peuvent être maîtrisés par de bonnes pratiques, plus faciles à mettre en œuvre en parcelle drainée qu'en milieu hydromorphe non drainé. En particulier, l'assainissement du sol régularise et sécurise les rendements des cultures, ce qui permet une meilleure valorisation de l'azote apporté aux plantes.

## Couvrir les sols à l'interculture

Les pratiques culturales mises en œuvre sur le site de la Jaillière ont évolué au cours du temps et peuvent être analysées selon 3 périodes distinctes présentées dans le tableau ci-contre :

<b>Période 1 :</b> <b>1992 - 1996</b>	Cultures conduites selon les pratiques couramment utilisées en région de polyculture élevage à cette époque : - maïs non irrigué avec des rendements très variables : 7.7 t à 12.7 t de matière sèche par ha ; - le rendement moyen du blé est de 76 q/ha de grain, les pailles sont récoltées ; - apport de 30 t/ha de fumier à l'implantation du maïs ; fertilisations azotées minérales calculées avec la méthode du bilan : 36 kg N/ha en moyenne pour le maïs, 175 kg N/ha pour le blé ; - absence de culture piège à nitrate entre le blé et le maïs.
<b>Période 2 :</b> <b>1997-2003</b>	- introduction d'une irrigation d'appoint sur maïs pour régulariser les rendements (13.5 t MS/ha en moyenne). Le rendement moyen du blé est de 79 q/ha ; - l'apport du fumier est fractionné, 20 t/ha avant maïs et 15 t/ha avant blé. Les doses moyennes d'azote minéral apportées sont de 63 kg N/ha sur maïs et 144 kg N/ha sur blé ; - culture piège à nitrate entre blé et maïs : repousses de blé ou Rgi semé.
<b>Période 3 :</b> <b>2004-2013</b>	- rendement moyen du maïs = 12.4 t MS/ha - Rendement moyen du blé = 86 q/ha ; - fumier apporté avant maïs uniquement, 20-25 t/ha ; - les doses moyennes d'azote minéral apportées sont de 65 kg N/ha sur maïs et de 177 kg N/ha sur blé ; - culture piège à nitrate entre blé et maïs : moutarde et mélange moutarde + légumineuses depuis l'automne 2008.

Les modifications apportées dans la conduite des cultures de maïs et de blé, ainsi que dans la gestion de l'interculture entre le blé et le maïs ont permis de réduire les concentrations en nitrate dans les eaux de drainage. Entre les périodes 1 et 2, la réduction est de 18 % (51 mg/l au lieu de 62 mg/l) sous le blé après maïs et de 52 % (28 mg/l au lieu de 59 mg/l) dans l'interculture entre le blé et le maïs. Sous culture intermédiaire (entre blé et maïs) les concentrations varient de 8 mg/l les années à drainage tardif (novembre-décembre) à 53 mg/l les années à drainage précoce (septembre-octobre).

La dernière séquence climatique (2004 – 2011) est marquée par des automnes secs plus fréquents avec une mauvaise installation du colza et des couverts d'interculture. L'efficacité des couverts est alors diminuée avec des pertes d'azote en hiver légèrement supérieures à la séquence précédente.

## Sur prairie : ajuster la fertilisation azotée et le mode d'exploitation de la prairie

Les effets du niveau de fertilisation azotée et du mode d'exploitation (fauche-pâturage) d'une prairie de ray-grass anglais ont été mesurés durant 4 campagnes (1993 à 1996, en partenariat avec l'INRA). 4 conduites ont été comparées :

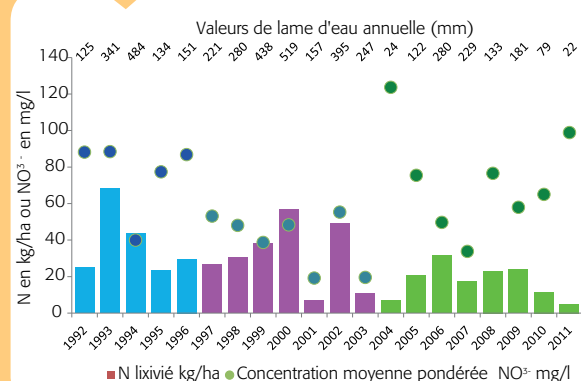
- fertilisation azotée de 200 kg N/ha – Pâturage (200 N-P)
- fertilisation azotée de 200 kg N/ha - Fauche-Pâturage (200 N-FP)
- fertilisation azotée de 200 kg N/ha – Fauche (200 N-F)
- fertilisation azotée de 100 kg N/ha – Pâturage (100 N-P)

Pour chaque conduite, le rendement du ray-grass et l'azote entraîné par les eaux de drainage ont été mesurés (figures 15 et 16).

Pour un même niveau de fertilisation azotée (200 kgN/ha/an), plus la part de fauche augmente et plus la concentration en nitrate dans les eaux de drainage diminue.

En pâturage intégral, la réduction de 50 % de la fertilisation azotée (100 kg N/ha au lieu de 200 kgN/ha) permet de réduire de 43 % la concentration en nitrate de l'eau de drainage, mais le rendement de la prairie est pénalisé de 26 %.

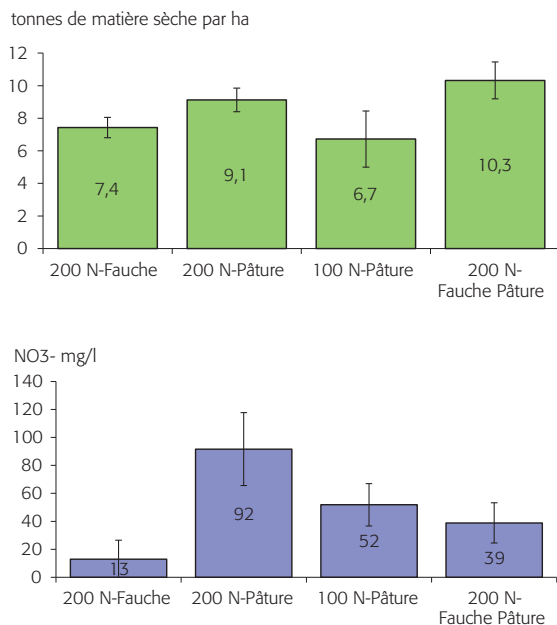
**Figure 14 : flux d'azote et Concentration Moyenne Pondérée\* en nitrate dans les eaux de drainage**



\* La concentration moyenne pondérée (CMP) est une concentration recalculée sur une période donnée (mois, année) à partir du flux d'azote et de la lame d'eau (drainage ou ruissellement)

Le choix de techniques permettant de mieux ajuster les apports d'azote aux besoins des cultures (fractionnement des apports de fumier et irrigation du maïs), et de piéger l'azote disponible en interculture longue permet de réduire la concentration en nitrate de l'eau de drainage de 36 % en moyenne (39 mg/l sur la période 1997-2003 au lieu de 61 mg/l sur la période 1992 - 1996). L'efficacité des couverts d'interculture est toutefois conditionnée par un climat favorable à leur installation en fin d'été.

**Figures 15 et 16 : production de la prairie selon son mode d'exploitation et teneur en nitrate de l'eau de drainage sous prairie**



L'introduction d'une fauche annuelle dans le cycle de production permet de réduire de 60 % la concentration en nitrate de l'eau de drainage tout en maintenant un niveau de production élevé.

Limiter les risques de fuite de nitrate, en pratique :

- adapter le niveau de fertilisation aux besoins de la culture
- fractionner les apports d'azote et les piloter à l'aide d'un outil d'aide à la décision
- sécuriser les rendements par des techniques qui préservent le potentiel (irrigation, protection phytosanitaire adaptée,...)
- mettre en place une gestion raisonnée de l'interculture en fonction du risque (enfouissement des pailles, gestion des repousses, mise en place d'une culture piège à nitrate).

## Comment limiter les transferts de phosphore ?

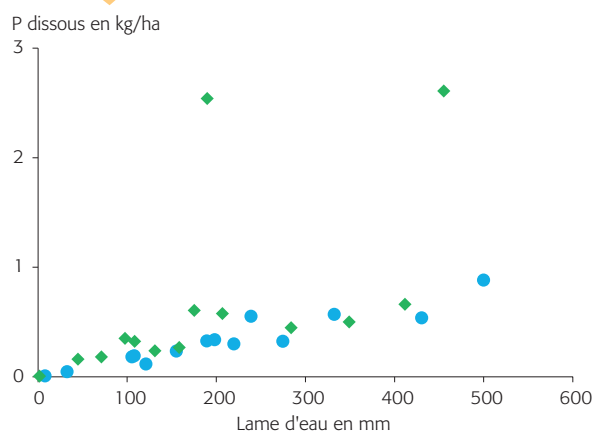
Le phosphore est présent en grandes quantités dans les sols agricoles mais généralement sous des formes peu mobiles. Sa disponibilité et son assimilabilité par les plantes dépendent beaucoup des phénomènes géochimiques qui vont contribuer à le solubiliser. Son transfert hors des parcelles agricoles par les eaux de ruissellement et de drainage s'opère aussi bien sous la forme soluble que sous la forme particulaire.

L'étude de la Jaillière, conduite en partenariat avec l'INRA, s'intéresse principalement aux transferts de P dissous, fraction assimilable du phosphore par les plantes mais aussi par les végétaux aquatiques, d'où sa contribution dans les phénomènes d'eutrophisation.

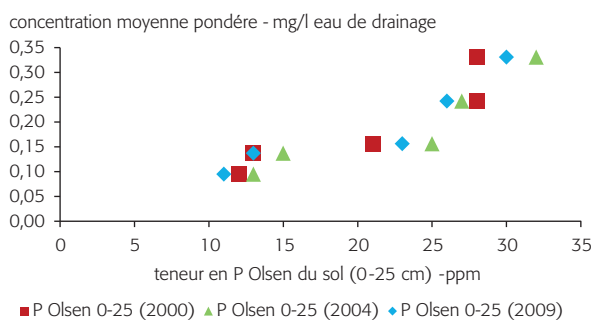
Les quantités de phosphore entraînées hors des parcelles cultivées sont faibles au regard des quantités disponibles dans le sol et des quantités apportées (effluents organiques, engrais) : inférieures à 1 kg de P/ha/an en parcelle drainée et à 3 kg en parcelle non drainée, avec des concentrations moyennes pondérées annuelles inférieures à 2 mg de P dissous/l en sortie de parcelle (figure 17).

La quantité de phosphore présente dans l'horizon de surface du sol (0-25cm) varie de 40 à 100 kg/ha de P (base analyse du P Olsen). C'est la biodisponibilité de cet élément dans le sol qui détermine son assimilation par les plantes ou sa capacité à être transféré.

**Figure 17 : flux annuels de P dissous dans l'eau quittant les parcelles - La Jaillière 1998-2012**



**Figure 18 : les teneurs en P dissous de l'eau de drainage augmentent avec la teneur en P Olsen du sol mais demeurent toutefois à des niveaux peu élevés**



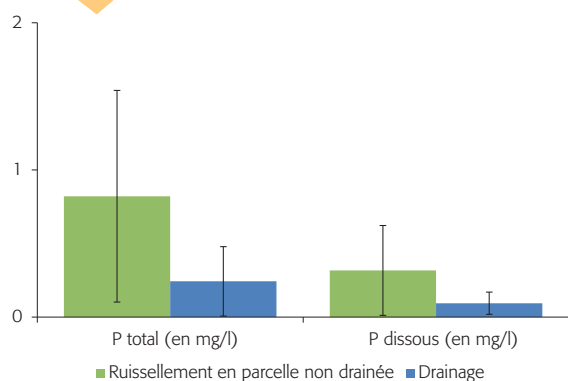
\*La concentration moyenne pondérée (CMP) est une concentration recalculée sur une période donnée (mois, année) à partir du flux de phosphore et de la lame d'eau (drainage ou ruissellement)

## Effet du drainage

Les transferts de phosphore sont sensibles aux différents régimes hydrologiques des parcelles agricoles.

Le ruissellement, en particulier en parcelle non drainée, est le vecteur le plus important du phosphore aussi bien soluble que particulaire. Les transferts et concentrations en phosphore sont plus importants en parcelle non drainée qu'en parcelle drainée.

Figure 19 : teneur en phosphore (P) des eaux de drainage et de ruissellement



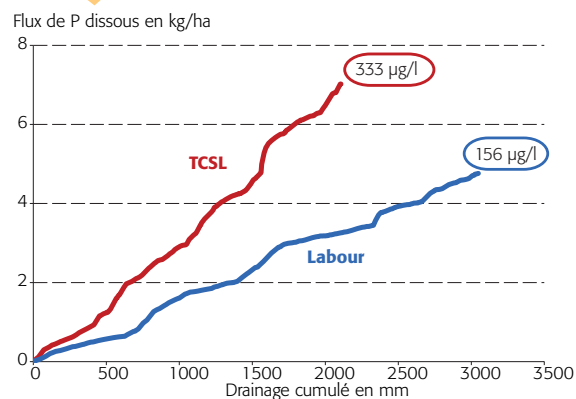
## Effet du travail du sol

La pratique de techniques culturales sans labour :

- crée un gradient de concentration des éléments minéraux dans le sol avec des teneurs plus élevées dans l'horizon de surface ;
- favorise les circulations préférentielles de l'eau depuis la surface du sol jusqu'au drain.

Dans les sols de la Jaillière, les circulations préférentielles ont pour conséquence d'augmenter le transfert de certains solutés comme le phosphore en non labour en comparaison avec le labour (figure 20).

Figure 20 : flux de P dissous en labour et en techniques culturales sans labour (TCSL)



Qu'ils soient sous forme organique ou minérale, les apports de P présentent principalement des formes solubles rapidement assimilables par les plantes, mais aussi facilement transférables par les eaux de drainage et de ruissellement, surtout lorsqu'ils sont effectués en période d'alimentation des réseaux. La concentration en P dissous dans les eaux de drainage et de ruissellement augmente ponctuellement immédiatement après l'apport d'engrais minéral ou organique, puis retrouve rapidement son état initial (figures 21 et 22).

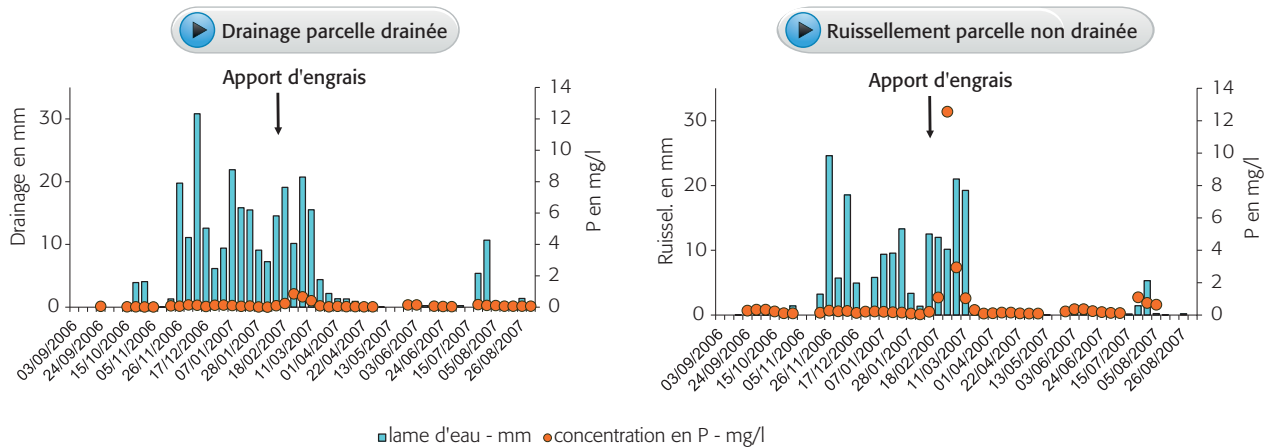
Sur 14 ans de suivi, les pertes de phosphore dissous directement imputables aux apports d'engrais ont représenté 35% à 52 % du total des pertes.

## Semis direct de blé après maïs

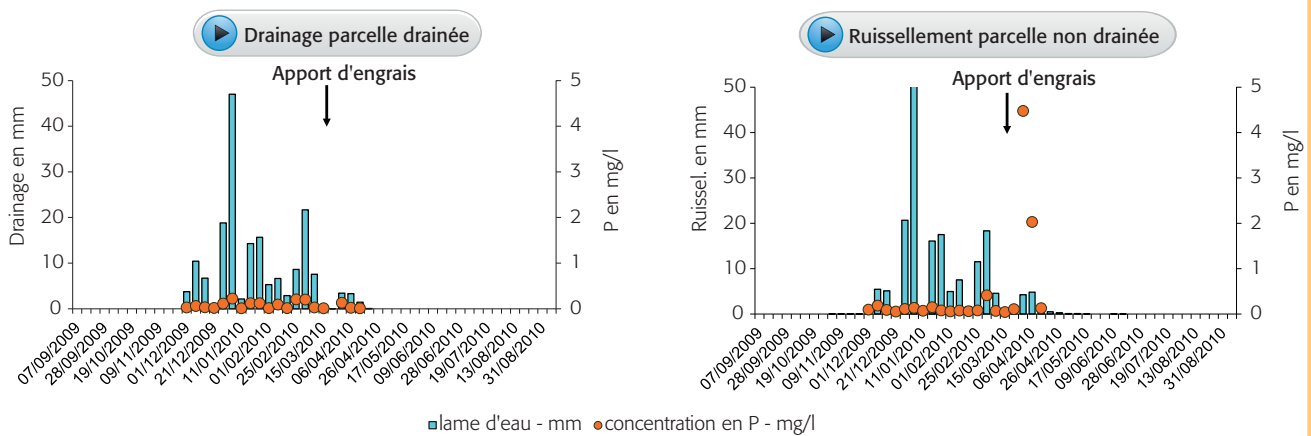


Les apports de phosphore organiques et minéraux peuvent générer des transferts, surtout si ceux-ci sont réalisés en période d'écoulement.

**Figure 21 : évolution de la teneur en P dissous des eaux après apport minéral**



**Figure 22 : évolution de la teneur en P dissous des eaux après apport organique**



Apport d'engrais sur blé



# ARVALIS

Institut du végétal

3, rue Joseph et Marie Hackin 75116 Paris  
Tél. : 01 44 31 10 00 - Fax : 01 44 31 10 10  
[www.arvalis-infos.fr](http://www.arvalis-infos.fr)

