

## Influence des itinéraires techniques et qualité de l'eau en sortie de drainage

Depuis le début des années 1990, sur le site expérimental de La Jaillière dans l'Ouest de la France, des campagnes d'analyses portant sur les concentrations en nutriments et en produits phytopharmaceutiques sont réalisées en sortie de parcelle agricole drainée. Les résultats de ces mesures sur le long terme permettent aujourd'hui de déterminer les effets du drainage agricole et des pratiques culturales sur la qualité de l'eau.

### Historique

Dans les années 1980, le ministère chargé de l'agriculture et l'Office national interprofessionnel des céréales (ONIC) ont financé la création de soixante-dix secteurs de références, pour fournir des connaissances techniques et agronomiques pour la conception et l'utilisation des réseaux de drainage agricole.

Afin de compléter les connaissances, vingt-quatre expérimentations au champ ont été mises en place (Drainage – Secteurs de références – Recueil des expérimentations – Vincent, 1988), portant sur quatre thèmes :

- le drainage des sols lourds,
- le choix du mode de drainage, de l'écartement, des matériaux, et/ou du débit de projet,
- le traitement des formes de l'excès d'eau extérieur à la parcelle, l'assainissement agricole,
- la portance et les jours disponibles.

Ce dernier thème a conduit à la création, en 1987, du dispositif expérimental de La Jaillière, dans le cadre d'une collaboration entre le Cemagref et l'ITCF, devenus respectivement Irstea puis INRAE et Arvalis-Institut du végétal.

À la même période, la sensibilité de plus en plus forte de l'opinion publique sur la qualité de l'eau a conduit à quelques ajustements du protocole expérimental : c'est le début des études sur le suivi des transferts de solutés (minéraux et produits phytopharmaceutiques).

### Dispositif expérimental

Ce qui se mesure est mieux connu que ce qu'on ne sait mesurer (Arlot, 1999) : la présence d'un réseau de drainage est actuellement le seul moyen de collecter l'eau d'infiltration à l'échelle de la parcelle agricole. Ainsi, la parcelle drainée est souvent comparée à un grand lysimètre, avec un réseau de tuyaux enterrés qui collecte l'eau en excès liée aux apports météoriques (pluie).

Le dispositif expérimental de La Jaillière est implanté dans des sols limoneux sur altérites de schiste, assez répandus dans l'Ouest de la France (Massif armoricain). Le sol est brun limoneux à pseudogley sur altérite de schiste, avec un plancher imperméable situé entre 0,6 et 0,9 mètre sous la surface du sol : en période d'excédent pluviométrique, l'apparition de la nappe perchée est rapide, et sa présence durable tant que le bilan climatique [P-Etp]<sup>1</sup> est positif. La mise en place d'un réseau de drainage dans ce type de milieu à forte hydromorphie contribue à évacuer l'eau excédentaire qui, sans cela, ruisselle à la surface du sol. Ces sols sont réputés de faible stabilité structurale et sont donc sensibles aux tassements provoqués par la circulation des engins agricoles, et à la battance provoquée par la pluie. De l'érosion est rarement observée car les sols sont souvent couverts par des végétaux : proportion plus ou moins importante de prairies, de cultures d'hiver, ou de couverts végétaux avant les implantations des cultures de printemps.

1. Différence entre les précipitations (P) et l'évapotranspiration potentielle (Etp).

Le dispositif expérimental « Pratiques culturales et qualité de l'eau de la Jaillièrre » (Loire-Atlantique) est créé depuis 1987, avec la mise en place des six premières parcelles d'essai (parcelles 1 à 6). Deux autres tranches de travaux sont ensuite réalisées : les parcelles 7, 8 et 9 en 1990, puis les parcelles 10 et 11 en 1991.

Onze parcelles constituent le dispositif expérimental (photo ❶) : neuf sont drainées et deux sont non drainées. Le réseau de drainage est individualisé pour chaque parcelle expérimentale. La collecte de l'eau de ruissellement est assurée par un piège à ruissellement (photo ❷) pour neuf parcelles de l'essai (huit parcelles drainées et une parcelle non drainée).

Dans l'essai de la Jaillièrre, les débits d'eau sont mesurés toutes les heures, 365 jours par an (figure ❶). Les échantillons d'eau, hebdomadaires, sont composés à partir de prélèvements élémentaires réalisés tous les 5 m<sup>3</sup> pour le drainage, tous les 3 m<sup>3</sup> pour le ruissellement de la parcelle non drainée et tous les 1 m<sup>3</sup> en ruissellement pour les parcelles drainées.

La succession maïs-fourrage-blé est conduite sur parcelle drainée ou non, avec ou sans labour avec des couverts en interculture ou avec des couverts permanents.

La majorité des changements de pratiques s'opère après un temps d'observation et de mesure de quatre à huit ans, le temps de « mise à l'équilibre » de(s) la nouvelle(s) pratique(s). Pour autant, certains critères sont inchangés depuis la mise en place de l'essai, comme l'abandon du labour dans la parcelle 5 pour une conduite en techniques culturales simplifiées(TCS)<sup>2</sup>.

2. TCS : les techniques culturales simplifiées regroupent l'ensemble des techniques de travail du sol comprises entre les préparations superficielles et le semis direct strict.

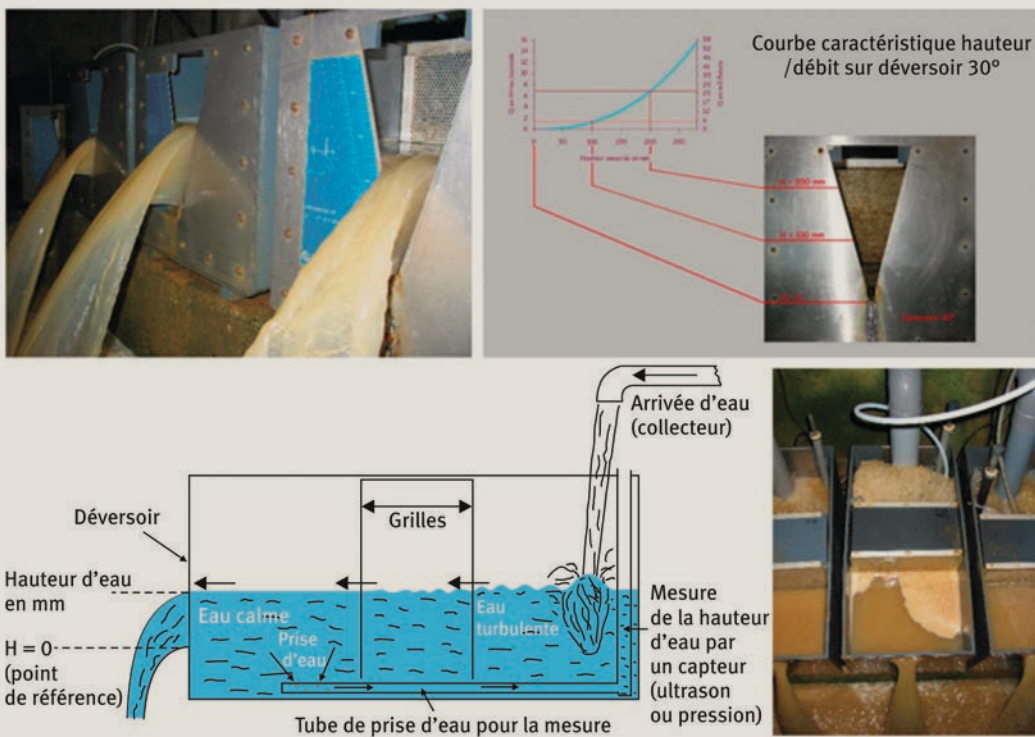
❶ Vue générale du dispositif de la Jaillièrre (Loire-Atlantique).



❷ Vue d'un piège à ruissellement.



❶ Bacs déversoirs pour la mesure du débit d'eau.



► Aujourd'hui, en 2019, le dispositif expérimental est dans sa trente-deuxième campagne culturale pour les parcelles les plus anciennes, vingt-huitième pour les plus récentes. Disposer d'un essai de longue durée sur les effets du drainage agricole d'une part, et les relations entre pratiques culturales et qualité de l'eau de surface (drainage et ruissellement) d'autre part, est suffisamment rare pour être souligné.

### Saison hydrologique, drainage et ruissellement

Les données expérimentales présentées dans cet article couvrent les campagnes 1992-1993 à 2011-2012, soit vingt saisons hydrologiques.

À La Jaillière (sols hydromorphes, milieu tempéré, pluies modérées), l'alimentation en eau des réseaux de surface (drainage, fossés, cours d'eau) est essentiellement hivernale, dans une période moyenne située entre décembre et mars. Cependant, la variabilité interannuelle peut être importante car liée à la pluviosité.

Après la reconstitution de la réserve en eau du sol à l'automne, tout nouvel apport météorique (pluie) contribue à alimenter soit les nappes profondes, soit le réseau hydrographique de surface par ruissellement ou par drainage (naturel ou artificiel). La mise en place d'un équipement hydrométrique en sortie de collecteur est une technique maintenant connue et maîtrisée pour quantifier le drainage à l'échelle de la parcelle agricole. La mesure de la lame d'eau écoulee montre ainsi que le cumul de drainage suit, en tendance, le cumul du bilan climatique [P-Etp] (figure 2). Pendant la saison hydrologique, la restitution de l'eau de pluie au réseau est forte et sou-

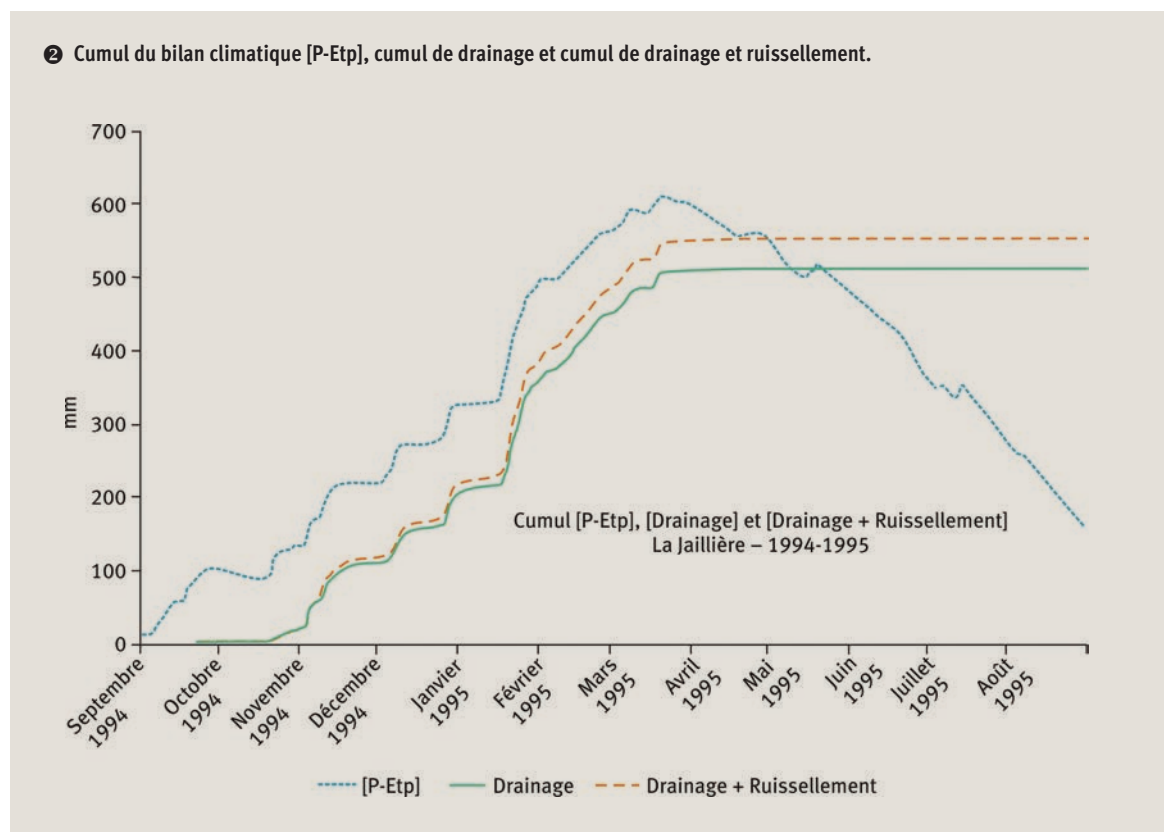
tenue. La saison de drainage est généralement continue jusqu'à l'inversion du bilan climatique. Les apports sont alors moins importants que la demande climatique (évapotranspiration) et, seuls quelques épisodes particuliers en intensité et en volume peuvent provoquer des petites reprises d'écoulement au printemps ou en été.

Dans les milieux à forte hydromorphie, comme La Jaillière, l'excédent de pluie contribue à l'apparition de la nappe perchée hivernale et à l'engorgement de l'ensemble du profil de sol. Lorsque la nappe perchée affleure à la surface du sol, l'eau de pluie ne peut plus s'infiltrer et se met à ruisseler, provoquant ainsi un ruissellement par saturation. Ce ruissellement est la principale voie d'évacuation de l'eau excédentaire en milieu non drainé. Dans une parcelle drainée, ce ruissellement est toujours observable et quantifiable, mais la majeure partie (environ 90%) de l'eau en excès est évacuée par le réseau de tuyaux enterrés. À l'échelle pluriannuelle, le bilan des flux d'eau est plus important en parcelle drainée (drainage + ruissellement, figure 3) que le seul ruissellement en parcelle non drainée, où des écoulements hypodermiques non mesurés peuvent se produire.

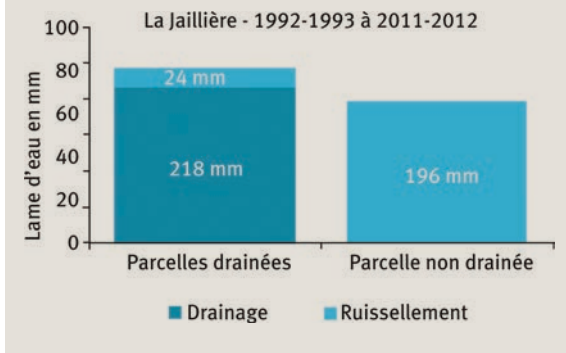
L'intérêt du drainage agricole réside dans sa capacité à rabattre rapidement le niveau de la nappe perchée sous la couche labourée, à environ 25-30 cm sous la surface du sol, voire plus. Cela permet aux racines des plantes de s'ancrer et se développer dans le sol plus facilement, en évitant les phénomènes d'asphyxie des cultures.

La stratégie globale de conduite de la parcelle dépend aussi beaucoup de la capacité à y entrer, que ce soit pour la mise à l'herbe des animaux pour l'exploitation des prairies, ou pour la réalisation d'interventions culturales,

2 Cumul du bilan climatique [P-Etp], cumul de drainage et cumul de drainage et ruissellement.



⑤ Lames d'eau moyennes annuelles en drainage et en ruissellement.



avec un équipement agricole sur les cultures annuelles. On parle alors de la praticabilité ou portance du sol, exprimée en nombre de jours disponibles. Les observations de terrain à la Jaillière montrent qu'après un épisode pluvieux pendant la saison hydrologique, il faut attendre entre trois et sept jours pour intervenir en parcelle drainée, entre deux et quatre semaines en parcelle non drainée.

### Impact du drainage sur les rendements des cultures

L'influence du drainage sur le rendement des cultures est différente selon que l'on s'intéresse à une culture d'hiver comme le blé (figure ④) ou à une culture de printemps comme le maïs. Avec un itinéraire technique identique, l'excès d'eau hivernal va principalement impacter le blé, avec une différence significative d'environ 8 quintaux

par hectare en faveur de la parcelle drainée. La parcelle non drainée n'a pas pu être semée en blé à deux reprises sur quinze campagnes.

Le choix du travail du sol (labour vs TCS) n'influe pas sur le rendement du blé (différence non significative). Toutefois, la conduite sans labour fait l'objet d'une attention particulière, car les sols de la Jaillière sont très sensibles au tassement, notamment par la répétition des passages de roues des engins agricoles.

Le drainage ne modifie pas le potentiel de rendement d'une culture dans un milieu donné – rendement supérieur à 95 quintaux par hectare en 2005 (année sans drainage) pour toutes les parcelles d'essai, y compris en parcelle non drainée – mais limite l'effet négatif du facteur excès d'eau et régularise les rendements à l'échelle pluriannuelle (sécurisation du système de production).

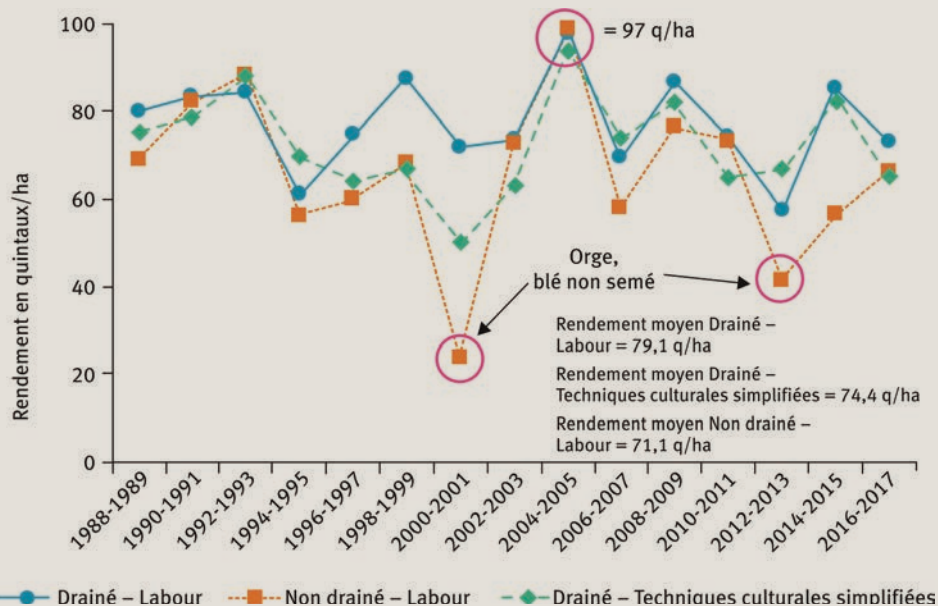
Pour une culture de printemps comme le maïs, aucune différence de rendement n'est observée, parce qu'au semis de la culture, la saison hydrologique est très souvent terminée.

### Drainage et transfert du nitrate

Le flux d'azote nitrique à la parcelle résulte du calcul entre deux grandeurs mesurées : la lame d'eau et la concentration en nitrate. Le bilan des mesures de nitrate effectuées à la Jaillière, en situations de cultures annuelles, montre que le transfert d'azote est plus important en parcelle drainée qu'en parcelle non drainée (figure ⑥).

Le drainage améliore les conditions d'oxygénation du sol, notamment de la couche labourée, par une nette diminution de l'engorgement par la nappe perchée. Ces conditions profitent à la minéralisation de l'azote organique, d'autant que les conditions météorologiques

④ Rendement du blé tendre d'hiver – La Jaillière (Loire-Atlantique).



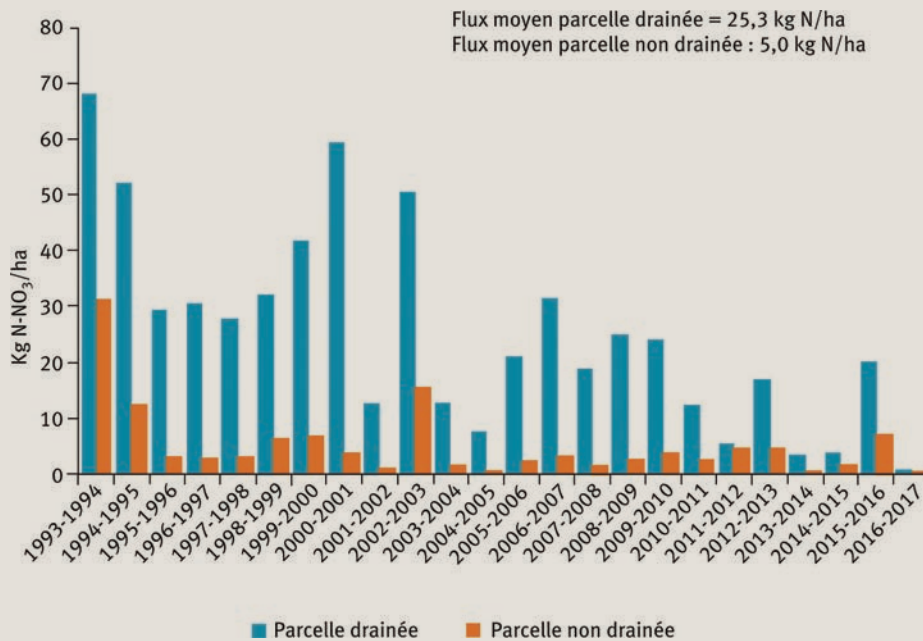
▶ de l'Ouest, notamment les températures, sont rarement limitantes pour ce critère. Les transferts du nitrate sont donc favorisés par la présence de cet azote facilement lessivable.

En contrepartie, la gestion raisonnée de la fertilisation en parcelle hydromorphe n'est rendue possible que grâce au drainage, car la portance du sol redevient rapidement possible après l'arrêt des pluies.

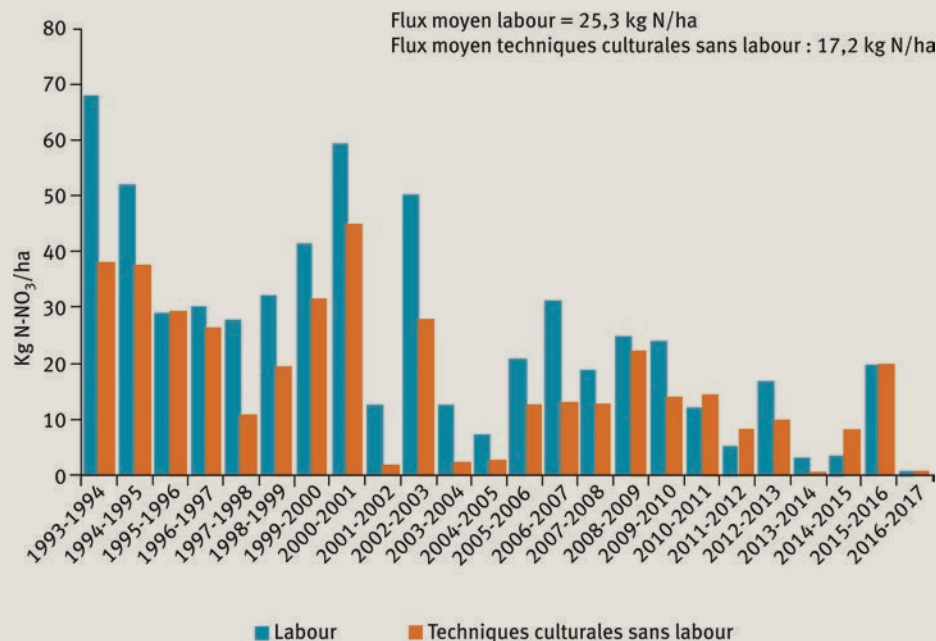
Dans la parcelle non drainée, la minéralisation de l'azote est rapidement stoppée par l'engorgement temporaire, et

toute nouvelle pluie contribue à diluer davantage le stock d'azote initial du sol. Contrairement à la parcelle drainée, l'hydromorphie marquée de la parcelle non drainée favorise la dénitrification qui peut, dans certains cas, conduire à des émissions significatives de N<sub>2</sub>O. Un travail expérimental a été conduit en ce sens sur les parcelles de la Jailière entre 2010 et 2012 afin de mesurer l'importance de l'hydromorphie sur la production de N<sub>2</sub>O : sur les deux années d'étude, la parcelle non drainée a produit trois fois plus de ce gaz à effet de serre que la parcelle drainée.

⑤ Effet du drainage sur les flux d'azote nitrique.



⑥ Effet du travail du sol sur les flux d'azote nitrique.



Parmi les pratiques culturales favorables à la réduction du transfert du nitrate, l'effet de l'abandon du labour est mesuré dans l'essai de la Jaillière, en particulier dans la parcelle 5 qui n'est plus labourée depuis l'automne 1989. Dans cette parcelle, les flux de nitrate sont globalement moins importants que dans la parcelle labourée (figure 6), sauf en cas de décompactage d'automne.

En techniques culturales simplifiées, tous les résidus de cultures se trouvent sur la surface du sol. Les cultures d'automne, comme les CIPAN (cultures intermédiaires pièges à nitrate), vont profiter de cette disponibilité minérale pour satisfaire leurs besoins en azote, ce qui va favoriser leur installation. De ce fait, cette part d'azote absorbé sera soustraite au risque d'entraînement vers le drainage.

Les sols de la Jaillière sont sensibles au tassement, ce qui constitue parfois une limite à la conduite des cultures en TCS. Un tassement observé conduit souvent à un décompactage d'automne, avant le semis du blé. Cela provoque alors une libération d'azote nitrique dans le sol et une augmentation des teneurs en nitrate de l'eau de drainage au cours de l'hiver suivant.

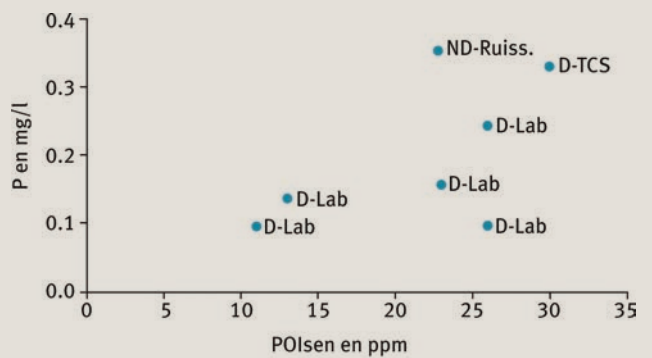
### Drainage et transfert de phosphore

Le phosphore a été étudié à la Jaillière entre 1998 et 2012. Les échantillons d'eau brute ont été analysés par le laboratoire de chimie de l'INRA (devenu INRAE) à Thonon-les-Bains. Puis, à partir de 2004, les échantillons ont été subdivisés en deux : l'un est conservé brut, l'autre est filtré à 0,7 µm (limite normalisée de séparation du P soluble et du P particulaire).

Le transfert du phosphore par ruissellement ou par drainage est d'abord conditionné par le niveau de richesse du sol en cet élément (figure 7).

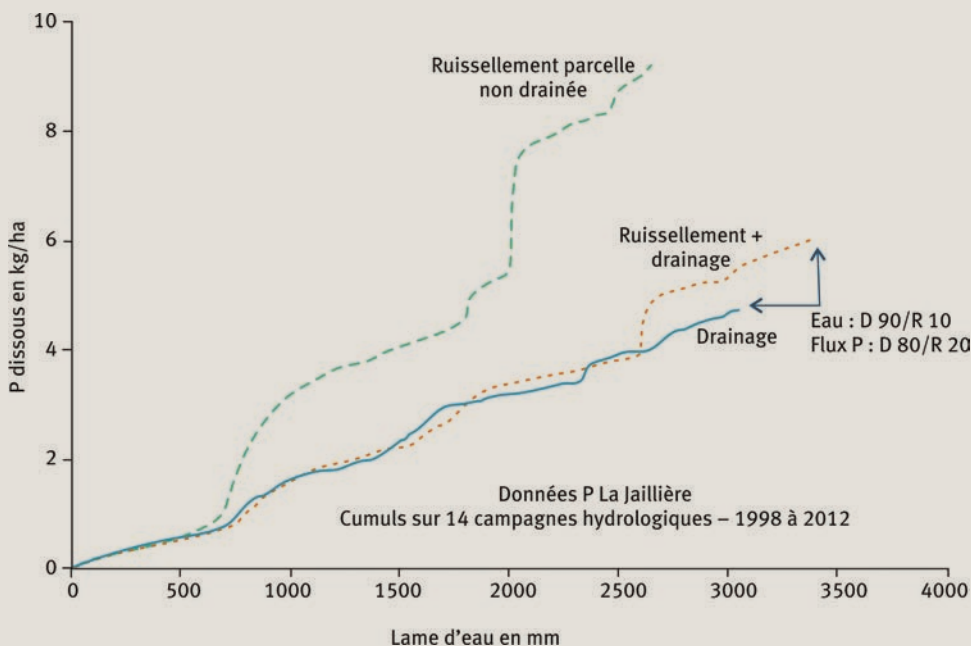
En effet, les pratiques de fertilisation (minérale ou organique) contribuent à apporter au sol la quantité de phosphore nécessaire pour satisfaire les besoins des plantes cultivées. Ces apports sont valorisés par la culture en place, ou stockés dans le sol si tout n'est pas intégralement absorbé. De plus, le minéral est incorporé dans tout ou partie de la couche labourée par le travail du sol (labour ou façons culturales superficielles), ou laissé en surface en situation de semis direct. Tous ces éléments déterminent, pour une parcelle donnée, la voie de circulation privilégiée (ruissellement ou drainage) et le risque de transfert du phosphore, en fonction de la richesse de chaque parcelle.

7 Relation teneur en phosphore ( $P_{Olsen}$ ) du sol et transfert par drainage ou ruissellement.



ND-Ruiss. : ruissellement parcelle non drainée  
D-Lab : drainage parcelle drainée, labour  
D-TCS : drainage parcelle drainée, sans labour

8 Effet du drainage sur les flux de phosphore dissous.



► Le phosphore est préférentiellement entraîné à la surface du sol par l'eau de ruissellement (parcelles drainée et non drainée), pour lesquelles on mesure des concentrations supérieures à celles mesurées pour l'eau de drainage. Au cours des quatorze campagnes d'étude, les flux cumulés de phosphore en parcelle drainée indiquent que 20% des transferts sont assurés par le ruissellement, alors que seulement 10% des flux d'eau sont dus à ce même ruissellement (figure 9).

La réduction du travail du sol entraîne une modification de l'hydrologie de la parcelle cultivée, avec une augmentation de la vitesse de circulation de l'eau. Ce changement est provoqué par l'apparition de circulations préférentielles rapides entre la surface du sol et la profondeur, notamment vers les drains en parcelle drainée. Dans la parcelle sans labour, la technique conduit naturellement à une concentration plus élevée du phosphore dans les premiers centimètres de la surface du sol : la teneur en  $P_{Olsen}$  de l'horizon 0-5 cm y est environ 2,5 à 3 fois plus élevée que dans une parcelle labourée. La conjonction de ces deux facteurs, vitesse de transit de l'eau et enrichissement de la surface en phosphore, se traduit par des flux cumulés plus importants en parcelle en TCS qu'en parcelle labourée (figure 9).

La construction des chroniques pluriannuelles de flux montre une évolution avec des changements brusques du rythme de transfert. Ces ruptures en « marche d'escalier » sont généralement plus marquées en ruissellement qu'en drainage. L'analyse de ces changements révèle qu'ils correspondent à la conjonction de deux facteurs : un apport récent de fertilisant (organique ou minéral), suivi immédiatement par des pluies importantes, provoquant une nette reprise des écoulements en ruissellement

et en drainage. Ces transferts particuliers du phosphore, impactés par le rythme des apports et le régime local des épisodes pluvieux, peuvent représenter jusqu'à 30%, voire 50%, des transferts du phosphore d'une parcelle. Au-delà de la perte agronomique du nutriment, le transfert du phosphore contribue à une perte de qualité des eaux de surfaces et, sous certaines conditions, au processus d'eutrophisation.

### Drainage et transfert de produits phytopharmaceutiques

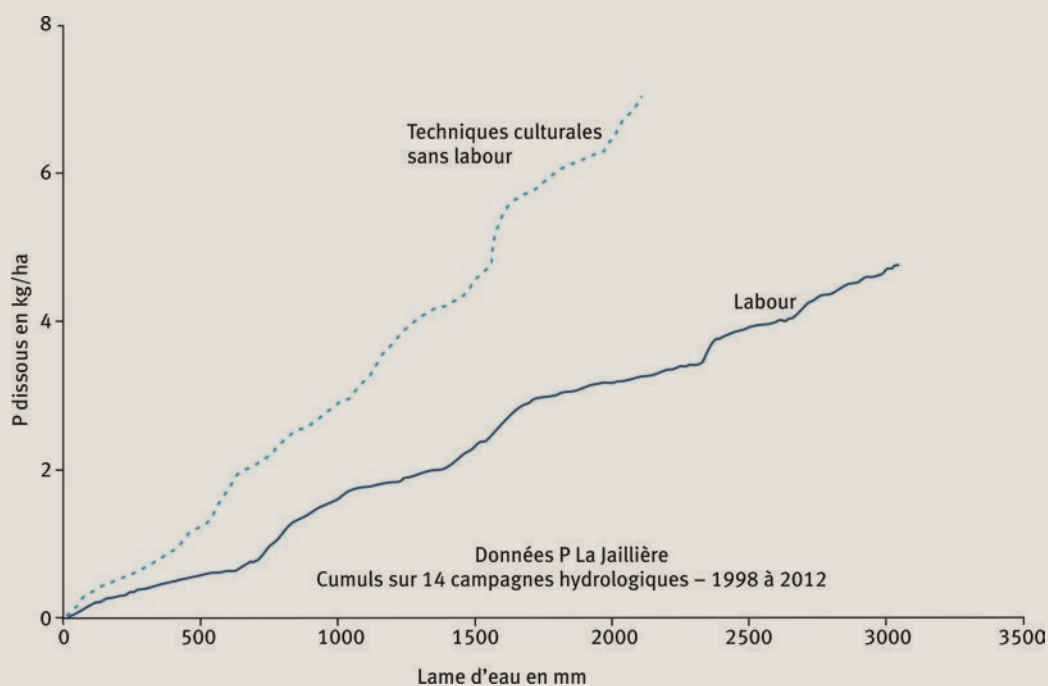
Le suivi des produits phytopharmaceutiques a débuté en 1994 dans le dispositif expérimental de la Jaillièrre. Jusqu'à l'année 2017, cent douze composés ont été étudiés, pour près de vingt-neuf mille analyses.

En vingt-cinq ans de suivi, certains solutés n'ont jamais été détectés, ni dans l'eau de drainage, ni dans l'eau de ruissellement. Cela représente vingt-huit substances, soit 25% de l'ensemble des composés suivis.

Pour les produits phytopharmaceutiques, le transfert se fait principalement par ruissellement, même si quelques molécules présentent des flux plus importants dans l'eau de drainage (figure 10).

Comme pour le phosphore, la réduction du travail du sol entraîne une augmentation de la vitesse de circulation de l'eau, et une augmentation de la teneur de certains composés dans l'eau de drainage, notamment ceux appliqués en automne ou en hiver. Les flux calculés sont alors supérieurs à ceux calculés en sortie de parcelle labourée (figure 11). Pourtant, certaines substances sont susceptibles d'être fixées et dégradées plus rapidement en parcelle non labourée, par un milieu biologiquement

9 Effet du travail du sol sur les flux de phosphore dissous.

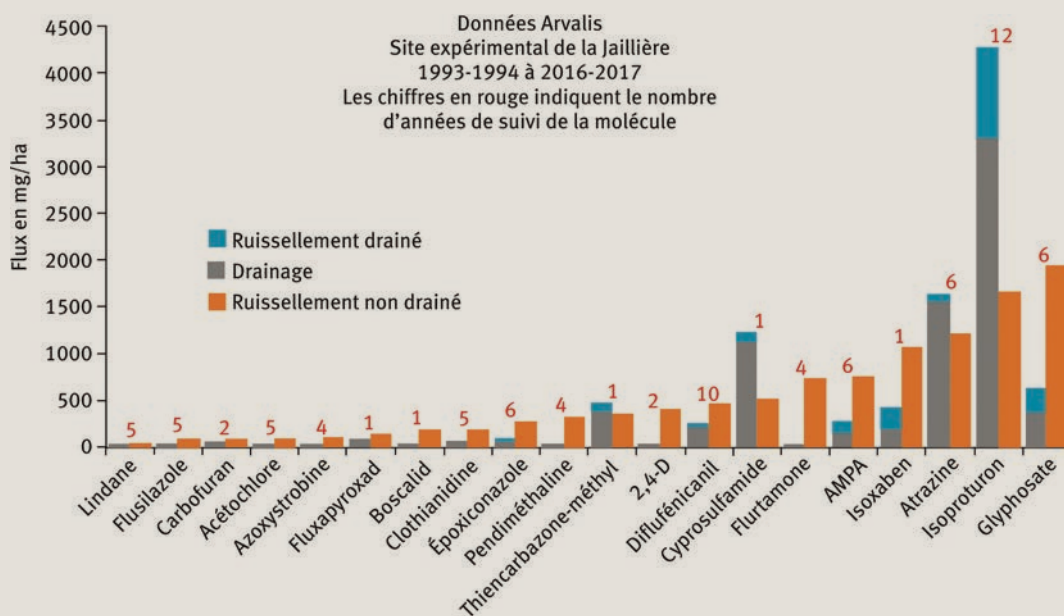


plus actif grâce aux matières organiques présentes sur la surface du sol. Ce phénomène concerne les substances appliquées au printemps ou en été. L'hydrologie reste néanmoins le premier facteur de transfert des solutés présents dans le sol.

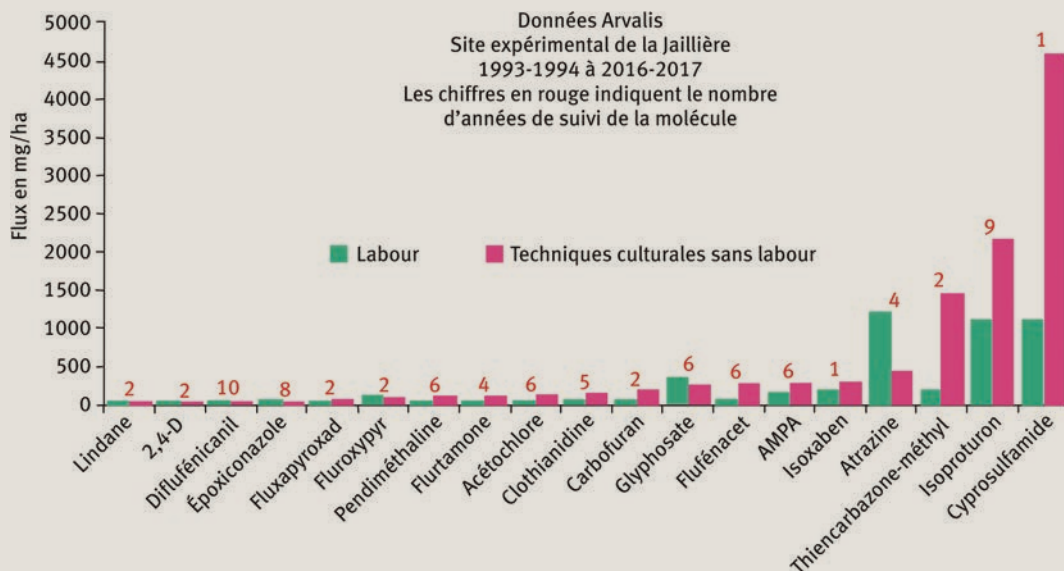
Les concentrations de produits phytopharmaceutiques mesurées dans l'eau de drainage et dans l'eau de ruissellement présentent parfois des valeurs élevées. Le travail conduit à la Jaillière a permis d'identifier les raisons de

ces résultats : nature de la substance, dose d'application, conditions hydrologiques favorisant les transferts. À partir de ces données, tout l'enjeu consiste à proposer des solutions de protection des cultures qui présentent des risques très faibles de transfert, même si les flux les plus importants mesurés à La Jaillière ne représentent qu'une très petite part des quantités appliquées. Ces faibles transferts peuvent néanmoins avoir un impact environnemental significatif.

10 Flux de produits phytopharmaceutiques entre parcelle drainée et non drainée.



11 Flux de produits phytopharmaceutiques entre parcelle labourée et non labourée.





## Conclusion

Le drainage agricole à la parcelle n'a pas d'autre objectif que d'évacuer l'eau présente en excès dans le sol. La technique est maîtrisée par l'ensemble des opérateurs de la filière, mais cela reste une opération coûteuse pour l'agriculteur.

Dans les 1980-1990, le choix de drainer les parcelles de l'exploitation signifiait généralement un changement du système de production, souvent en abandonnant l'élevage et les prairies pour la mise en culture. Aujourd'hui, les éleveurs aussi souhaitent drainer leurs parcelles, avant tout pour sécuriser leur système fourrager à base de prairies. Et c'est bien là le premier intérêt du drainage : les rendements des cultures sont plus réguliers, voire améliorés, y compris ceux des prairies. Les plantes bénéficient de meilleures conditions pour s'enraciner, ce qui leur permet naturellement de mieux supporter les contraintes liées à l'excès d'eau en hiver, ou à la sécheresse en été.

Drainer un sol modifie la circulation de l'eau, et donc l'hydrologie générale de la parcelle. En favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol, le drainage diminue le ruissellement par saturation. Il limite également le temps d'engorgement du sol, permettant de retrouver plus rapidement des conditions favorables à la croissance des plantes ou à la réalisation de pratiques culturales.

Dans une démarche expérimentale, le drainage par tuyaux enterrés est un formidable outil pour la collecte de l'eau à l'échelle de la parcelle. Le transfert des solutés est étudié en mesurant la concentration des composés dans l'eau de drainage et dans l'eau de ruissellement.

Ainsi, et quand bien même l'hydrologie reste le principal facteur des transferts de solutés, l'agriculteur peut mettre

en œuvre des pratiques culturales pour limiter l'entraînement du nitrate. La maîtrise des intrants, mais aussi le travail du sol et la couverture hivernale sont des éléments qui contribuent à la réduction du stock d'azote lessivable.

Pour les autres solutés, phosphore et produits phytosanitaires, la réduction du ruissellement est source d'amélioration de la qualité de l'eau. Mais là aussi, des pratiques culturales adaptées peuvent être engagées et planifiées, avec comme objectif la reconquête de la qualité des eaux de surface, tout en permettant le maintien d'une activité agricole économiquement viable et respectueuse de l'environnement. ■

## Les auteurs

### Alain DUTERTRE et Déborah RENAULT

ARVALIS-Institut du végétal, La Jaillière, La Chapelle-Saint-Sauveur, F-44370 Loireauxence, France.

✉ [A.DUTERTRE@arvalis.fr](mailto:A.DUTERTRE@arvalis.fr)

✉ [D.RENAULT@arvalis.fr](mailto:D.RENAULT@arvalis.fr)

### Jonathan MARKS-PERREAU

ARVALIS-Institut du végétal, Station expérimentale, F-91720 Boigneville, France.

✉ [J.MARKS-PERREAU@arvalis.fr](mailto:J.MARKS-PERREAU@arvalis.fr)

### Benoit RÉAL

ARVALIS-Institut du végétal, Estrées-Mons, F-80208 Peronne, France.

✉ [B.REAL@arvalis.fr](mailto:B.REAL@arvalis.fr)

## EN SAVOIR PLUS...

ARLOT, M.-P., 1999 - Nitrate dans les eaux : drainage acteur, drainage témoin ? Les enseignements d'une approche hydrologique et hydraulique, Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris 6, 373 p., disponible sur : <https://irsteadoc.irstea.fr/oa/PUB00008131-nitrates-dans-les-eaux-drainage-acteur-drainage-te.html>

BODILIS, A.-M., COHAN, J.-P., COLART, A.-S., DRILLAUD, C., DUTERTRE, A., LELLAHI, A., MARKS-PERREAU, J., REAL, B., ARVALIS, 2013, Pratiques culturales et qualité de l'eau : maîtriser les impacts – 20 ans d'expérimentation à la station de la Jaillière.

CASTILLON, P., DUTERTRE, A., COHAN, J.-P., BARBIER, C., DORIOZ, J.-M., ARVALIS, INRA, A 14-year study of phosphorus losses from drained and undrained cultivated plots : a contribution to the evaluation of losses due to fertiliser applications, à paraître.

DORIOZ, J.-M., TREVISAN, D., INRA, 2008, Le transfert diffus du phosphore dans les bassins agricoles : ordres de grandeur, mécanismes, maîtrise, *Ingénieries Eau-Agriculture-Territoires*, Numéro Spécial « Azote, phosphore et pesticides », p. 27-47, disponible sur : <http://www.set-revue.fr/sites/default/files/articles-eat/pdf/DG2008-PUB00024194.pdf>

MARKS-PERREAU, J., ARVALIS, 2011, Transferts des produits phytosanitaires vers les eaux superficielles : Analyses des résultats de qualité de l'eau du site d'expérimentation de La Jaillière (49), INP-ENSAT-Université Paul Sabatier Toulouse, Mémoire Master 2 « Fonctionnement des écosystèmes et anthropisation ».

TOURNEBIZE, J., ARLOT, M.-P., BILLY, C., BIRGAND, F., GILLET, J.-P., DUTERTRE, A., CEMAGREF, ARVALIS, 2008, Quantification et maîtrise des flux de nitrates : de la parcelle drainée au bassin versant, *Ingénieries Eau-Agriculture-Territoires*, Numéro Spécial « Azote, phosphore et pesticides », p. 5-25, disponible sur : <http://www.set-revue.fr/sites/default/files/articles-eat/pdf/DG2008-PUB00024193.pdf>

VINCENT, B., CEMAGREF, CPN, 1988, Drainage, Secteurs de références, Recueil des expérimentations, Opération Drainage-ONIC-Ministère de l'Agriculture.



*Fossé collecteur d'eau de drainage et de ruissellement sur le site expérimental de la Jaillière.*