



HAL
open science

Pollutions diffuses sur des bassins de l'Ouest de la France : quelles données recueillir pour le diagnostic ?

N. Turpin, T. Bioteau

► To cite this version:

N. Turpin, T. Bioteau. Pollutions diffuses sur des bassins de l'Ouest de la France : quelles données recueillir pour le diagnostic ?. *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, 2002, 30, p. 15 - p. 27. hal-00464685

HAL Id: hal-00464685

<https://hal.science/hal-00464685>

Submitted on 17 Mar 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Pollutions diffuses sur des bassins de l'Ouest de la France : quelles données recueillir pour le diagnostic ?

Nadine Turpin^a et Thierry Bioteau^a

En partant du principe qu'il n'est pas possible de mesurer en continu tous les paramètres de fonctionnement d'un bassin versant pour comprendre les mécanismes de pollution diffuse, cet article propose tout d'abord un recensement des données qu'il faut recueillir selon l'échelle, la problématique et la méthode de diagnostic ou de suivi retenues pour un bassin donné. Les trois parties suivantes décrivent les méthodes existantes pour recueillir les trois grands types de données nécessaires dans le domaine des sols, des cultures et des pratiques agricoles. Une dernière partie propose une synthèse.

La problématique du diagnostic et de la réduction des pollutions diffuses agricoles sur les bassins versants d'élevage de l'Ouest de la France est originale sur plusieurs points. Tout d'abord, les bassins, situés sur socle ancien assez imperméable, présentent une circulation des eaux à dominante superficielle ; les sols, peu profonds (moins d'un mètre en général), souvent formés sur d'anciennes landes et recevant des engrais organiques depuis plusieurs décennies, ont des teneurs en matières organiques élevées ; les températures, relativement douces en hiver permettent une minéralisation de la matière organique du sol toute l'année. De plus, la plupart des captages d'eau destinés aux populations humaines se font au fil de l'eau : l'enjeu de la réduction des pollutions diffuses est important pour les gestionnaires. Enfin, les activités d'élevage présentent d'importantes spécificités :

– les agriculteurs sont éleveurs avant tout, ils s'intéressent beaucoup aux techniques liées à leurs ateliers animaux et moins à celles applicables sur leurs parcelles ;

– les cultures, surtout destinées à l'alimentation animale, sont rarement commercialisées, donc rarement pesées, les rendements obtenus sont estimés avec une précision très relative, et par conséquent les objectifs de rendement pour l'année suivante ne correspondent pas toujours au potentiel des parcelles ;

– les prairies occupent une place importante de la surface agricole¹, elles demandent une gestion sur plusieurs années et après leur retournement four-

nissent longtemps de l'azote, le raisonnement de la fertilisation demande donc de tenir compte non seulement du précédent cultural mais aussi des pratiques sur plusieurs années antérieures.

Dans certaines zones, s'ajoute à toutes ces spécificités une problématique d'excédent structurel² lié aux élevages hors sol, dont nous ne parlerons que peu ici.

Les caractéristiques physiques du milieu et la diversité des activités agricoles sont complexes à étudier : bien souvent on doit avoir recours à la modélisation pour appréhender l'ensemble des phénomènes. De nombreuses équipes se mobilisent pour créer des outils permettant de prédire l'impact des activités agricoles sur la qualité de l'eau : des modèles ont été élaborés, des indicateurs ont été construits sous l'impulsion de l'OCDE. Dans toutes ces démarches, on considère que les données introduites dans l'outil sont accessibles ou que l'on peut les générer aisément. En pratique, se pose souvent la question de la qualité et de la précision de ces données. Cette question devient très importante lorsque des mesures sont proposées aux agriculteurs pour réduire la pollution : les données recueillies pour suivre la mise en place d'une politique doivent être d'une précision suffisante pour que l'évaluation soit pertinente.

L'objectif de ce papier est de décrire les données nécessaires à l'étude de l'impact de l'activité agricole sur la qualité de l'eau en fonction de l'échelle et du modèle (ou de l'indicateur) choisis pour cette étude. Nous illustrerons cette description par des exemples pris sur des bassins suivis par le Cemagref

Cet article a fait l'objet d'une présentation aux journées « bassins versants » du CORPEN les 12 et 13 mars 2002.

1. Sur le bassin du Don, qui nous sert d'exemple ici, les prairies occupent 55 % de la SAU.

2. « Les ZES liées à l'élevage correspondent à des cantons pour lesquels, compte tenu des quantités d'effluents d'élevage produites et des surfaces agricoles disponibles, les possibilités d'épandage pour une épuration par le sol et les cultures sont dépassées » (ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement).

Les contacts

a. Cemagref, UR
Gestion des effluents
d'élevage et des
déchets municipaux,
17, avenue de Cucillé,
CS 64427, 35044
Rennes Cedex

dans l'Ouest de la France (Turpin *et al.*, 2001a). L'article est organisé de la façon suivante : la première partie recense les données qu'il faut recueillir selon l'échelle, la problématique et la méthode de diagnostic (ou de suivi) retenues sur un bassin versant. Les trois parties suivantes décrivent les méthodes existantes pour recueillir les trois grands types de données nécessaires dans le domaine des sols, des cultures, des pratiques agricoles. Une dernière partie tente une synthèse.

Quelle données recueillir selon l'échelle, la problématique et la méthode d'étude retenue ?

Dans tous les cas d'étude de la pollution diffuse sur des bassins versants, indépendamment de mesures dans l'eau, trois types de données sont recherchées : elles concernent le comportement des sols, la nature des cultures en place, et celle des pratiques agricoles. Traiter et combiner ces données nécessite leur recueil dans le même repère spatial (géoréférencement des données) et leur intégration dans un SIG. Par contre, de nombreux éléments varient d'un bassin à l'autre : l'échelle d'étude, la fréquence d'acquisition, la précision de la donnée acquise, les vérifications de cohérence qui sont effectuées. La figure 1 illustre la relation qui existe entre l'échelle d'étude, les méthodes employées, les résultats attendus et le mode d'acquisition de données sur les bassins versants. Ainsi, sur de grands bassins versants, la détermination

de zones homogènes, de zones de risques ou d'intervention prioritaire, peut se contenter de statistiques existantes, de données issues de télédétection qui seront analysées en utilisant des indicateurs, des typologies, voire des modèles pertinents à petite échelle. Acquérir une information plus précise serait une opération irréalisable concrètement à cette échelle.

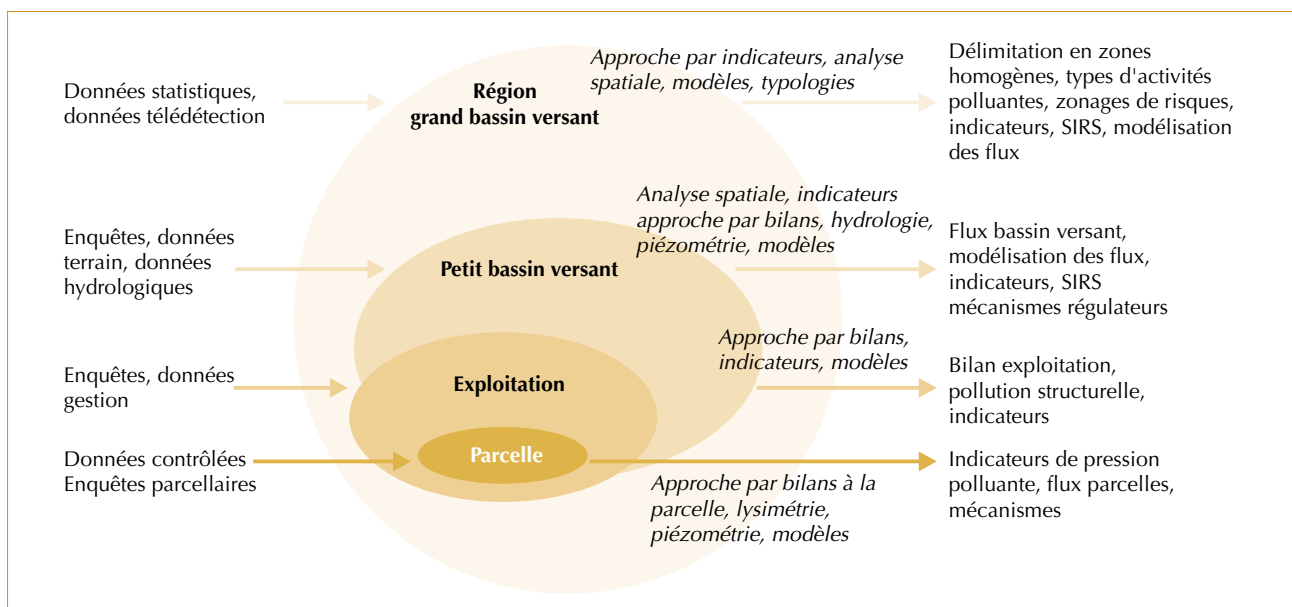
Par contre, sur de petits bassins versants, il est possible de recueillir et de traiter une information beaucoup plus précise comme des résultats d'enquêtes, des mesures, de réaliser des bilans (à la parcelle, à l'exploitation, au bassin versant), d'utiliser des modèles hydrologiques fins, de travailler sur les mécanismes générant les flux de polluants que l'on mesure par ailleurs.

Le fait que l'échelle d'acquisition des données doive être cohérente avec l'échelle d'étude semble un truisme, mais en pratique il est tentant d'utiliser toute donnée existante, et la question de la pertinence de l'échelle d'acquisition ne se pose souvent que devant la difficulté d'interprétation des résultats (Lau-nay, 1997 ; Laurent *et al.*, 1998).

La précision de la donnée acquise est fondamentale : la figure 2 en donne un exemple.

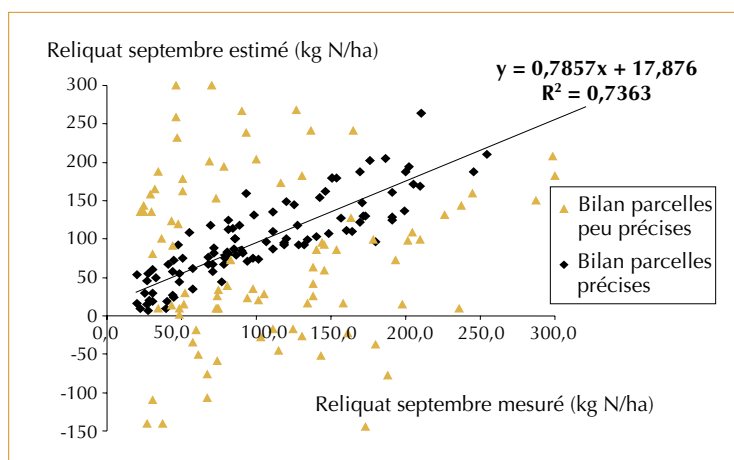
Dans cette étude, nous avons demandé aux agriculteurs de noter leur itinéraire technique par parcelle, à partir de cette information nous avons calculé un bilan pour l'azote (Turpin *et al.*, 1996), puis nous avons comparé le solde de ce bilan avec

▼ Figure 1 – Données, méthodes d'étude et résultats attendus selon l'échelle d'étude (graphique emprunté à Vernier *et al.* [2002]).



une mesure de reliquat d'azote minéral dans le sol en début de période de drainage (septembre cette année-là). Nous avons alors séparé nos informations en deux groupes : d'une part les parcelles pour lesquelles l'itinéraire technique noté par l'agriculteur correspondait aux mesures que nous avons réalisées (pesées d'épandeurs, de récoltes, dates d'interventions), différençait les parcelles, satisfaisait à un minimum de tests de cohérence³, et d'autre part les parcelles pour lesquelles un doute était permis sur au moins un des éléments de l'itinéraire technique. La figure 2 compare les soldes de bilans et les reliquats mesurés sur les parcelles pour lesquelles l'information était précise (en noir) et celles à information imprécise (en bistre). Pour les premières, le solde du bilan reflétait de façon satisfaisante les mesures réalisées. Pour les secondes, il n'y avait absolument aucune relation : le solde du bilan ne pouvait être utilisé comme outil de diagnostic. Cet exemple illustre un fait souvent observé : des outils pertinents pour réaliser un diagnostic de risque de pollution diffuse amènent à des conclusions erronées parce que les données avec lesquelles ils sont alimentés ne sont pas assez précises.

3. Par exemple, les fourrages produits devaient permettre de nourrir le troupeau, tous les effluents produits devaient être épandus (ou exportés). 4. La première lettre code le substrat, le premier chiffre code l'hydromorphie, on décrit ensuite le développement de profil puis la profondeur : voir annexe (p. 27) pour la légende complète. Les cartes produites sont en réalité polychromes.

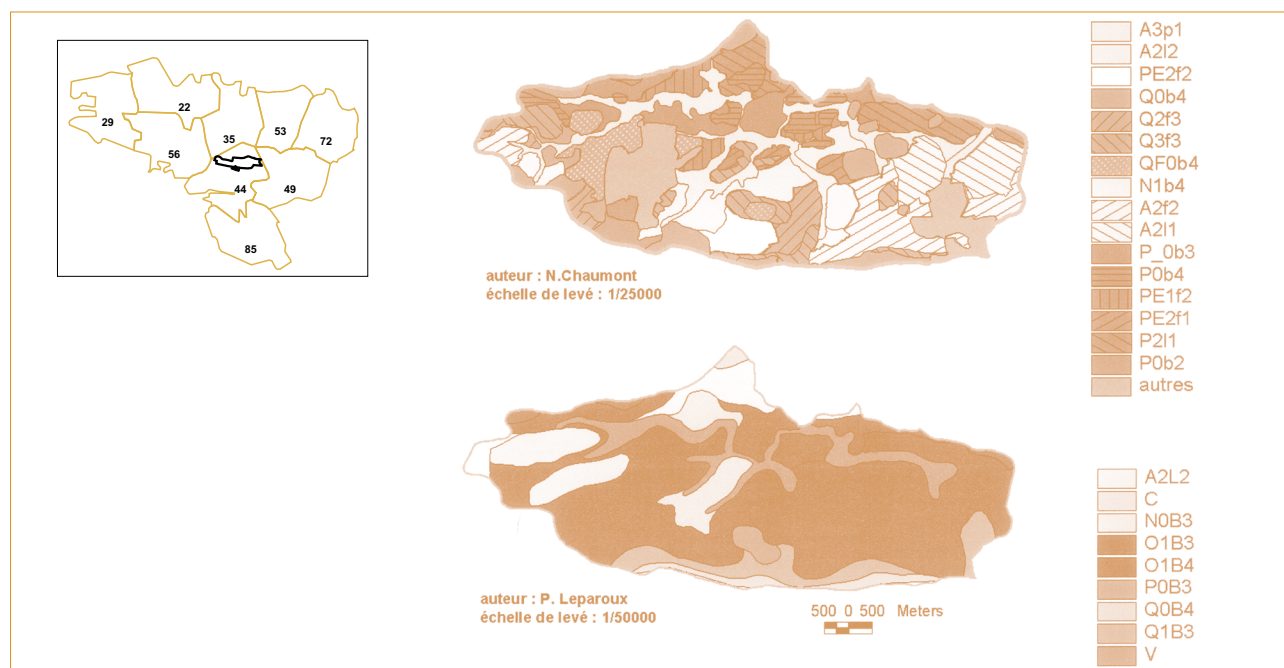


Informations sur les sols

Le sol, substrat de la culture, récepteur des engrais minéraux et organiques, élément de stockage, de libération, de transmission et parfois d'épuration des nutriments, joue un rôle fondamental dans la genèse de la pollution (Sebillotte et Meynard, 1990). Tous les travaux sur les bassins versants cherchent à appréhender son fonctionnement. L'échelle d'acquisition de la donnée pédologique est souvent le premier problème que l'on rencontre en pratique. La figure 3 illustre cette difficulté : lorsque l'on travaille à échelle fine, on recueille des informations plus précises sur deux critères :

▲ Figure 2 – Azote minéral dans le sol : relation entre le solde d'un bilan parcellaire et des mesures dans le sol selon la prise en compte de la précision des données ou pas.

▼ Figure 3 – Carte des sols⁴ au 1/50 000^e et au 1/25 000^e sur le bassin du Cétrais, affluent du Don.

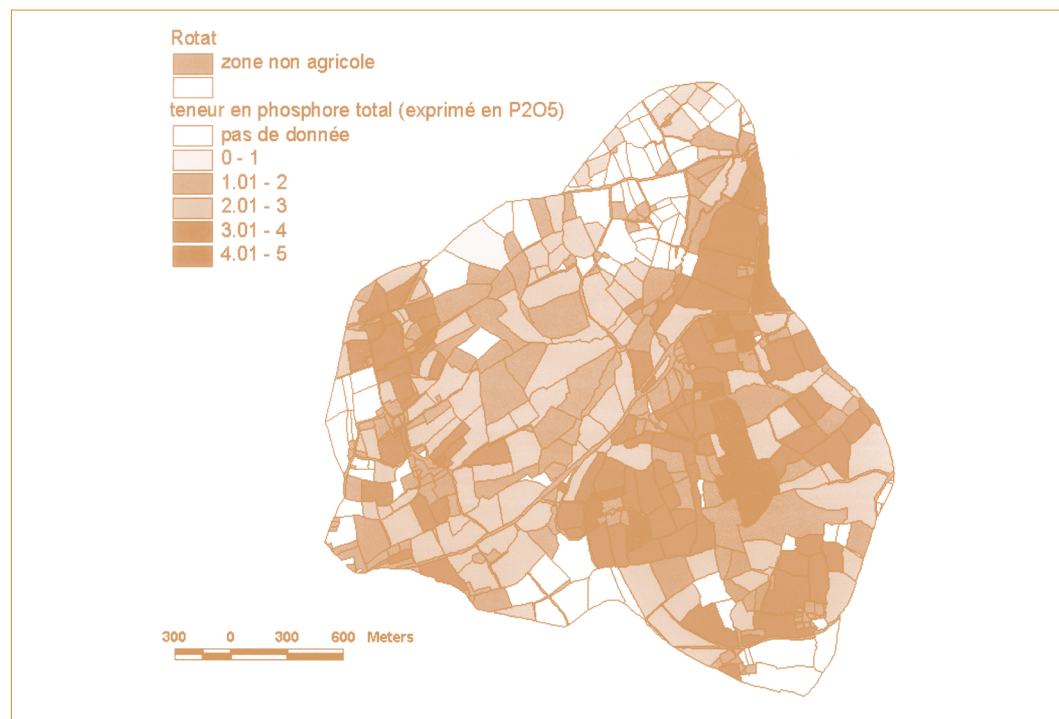


- d'une part la localisation des unités de sols est beaucoup plus détaillée dans l'espace ;
- d'autre part, on relève des types de sols qui n'apparaissent pas à échelle plus large, et dont les caractéristiques (notamment leur profondeur) peuvent avoir une influence importante sur la transmission des polluants.

Une fois résolu le problème de l'échelle d'acquisition de données pédologiques, on se heurte dans l'Ouest de la France à la définition de la donnée relevée. En effet, une codification pédologique homogène est utilisée dans la région, la « méthode tarière » (Rivière, 1989), et la plupart des cartes pédologiques existantes sont réalisées avec cette codification, qui reprend quatre critères : le type de substrat, le degré d'hydromorphie, le développement de profil et la profondeur du profil. Malheureusement, la plupart des modèles hydrologiques développés actuellement demandent une information sur la texture des sols (Arnold *et al.*, 1993). Cette information n'est pas disponible dans les cartes existantes : on est souvent amené à réaliser des mesures non prévues en début d'étude pour disposer de l'information pertinente, puis à affecter aux classes pédologiques définies sur la carte des propriétés texturales, en faisant l'hypothèse de concordance des limites pédologiques et des classes texturales.

Par ailleurs, les méthodes de réalisation de levés pédologiques par sondage, de détermination visuelle et topographique des unités de sol, quelques sondages (dont la répartition dépend de l'échelle d'établissement de la carte) et parfois des fosses pédologiques, sont bien adaptés aux informations qui varient peu dans l'espace, comme la profondeur d'apparition du substrat, le développement de profil, voire la texture superficielle. Ces méthodes ne sont en revanche pas adéquates pour les paramètres qui varient fortement d'une parcelle à l'autre, comme la teneur en phosphore ou la matière organique. La figure 4 illustre la grande diversité que l'on peut observer lorsque l'on effectue des prélèvements de sols à la parcelle et que l'on analyse la teneur en phosphore total : sur un bassin comme celui-ci on ne pourrait se contenter, pour une étude sur les transferts de phosphore, de réaliser une dizaine de fosses et de généraliser les mesures effectuées sur ces fosses à tout le bassin. De la même façon, la figure 5 compare l'information que l'on obtient si l'on affecte à toutes les unités de sols similaires une teneur en azote organique mesurée sur une fosse pédologique représentative (en ordonnée) et celle que l'on obtient si l'on effectue une mesure par parcelle (en abscisse).

Pour les paramètres qui peuvent varier fortement d'une parcelle à l'autre, le levé d'une carte



► Figure 4 – Répartition spatiale de la teneur en phosphore total de l'horizon superficiel des sols sur le petit bassin versant de Ploudiry (Finistère) en 1994 (analyse d'un échantillon par parcelle composé de quinze prélèvements à l'hectare).

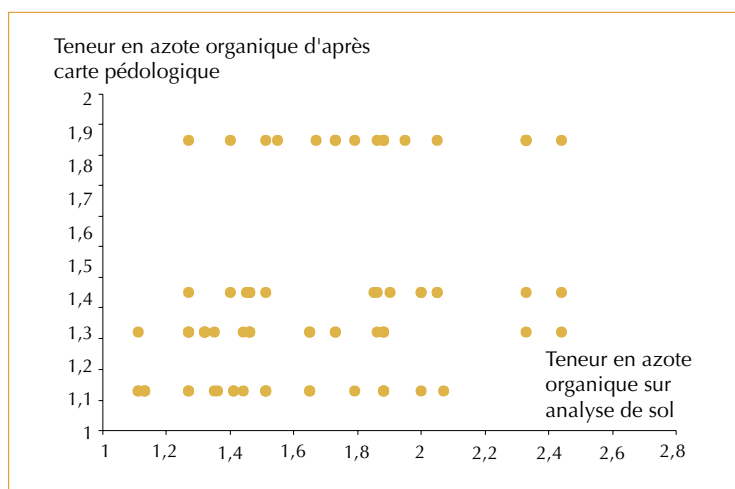
pédologique conduit à simplifier à l'extrême des informations dont l'utilisation demande une bonne précision : si l'on ne dispose pas d'analyse, l'interprétation des données ne doit se faire qu'avec une très grande prudence. Pour obtenir ces paramètres, des mesures *in situ* sont nécessaires. Les protocoles de prélèvement sont décrits par les instituts techniques (ITCF, 1987), les analyses se font en routine dans les laboratoires agréés. Le seul véritable obstacle à l'acquisition de l'information est le temps nécessaire aux prélèvements et le coût unitaire des analyses.

Les cultures

Un relevé cultural est une information de base recueillie lors de tous les travaux sur les bassins versants. La question de l'échelle d'acquisition de la donnée se pose, de la même façon que pour les sols. Dans la mesure où la combinaison culture-sol est un élément prépondérant dans la genèse de la pollution (Beaujouan *et al.*, 2001), le levé cultural doit être effectué à une échelle comparable à celle du levé des sols.

Plusieurs techniques sont couramment employées pour réaliser des cartes culturales :

- des enquêtes directes auprès des agriculteurs permettent de connaître en un seul passage la culture en place, et les deux ou trois cultures précédentes, par parcelle. Cependant, cette méthode demande de rencontrer tous les agriculteurs ayant une parcelle sur le bassin, sous peine de ne pas avoir de couverture complète.
- des levés de terrain permettent d'établir des cartes culturales précises, mais ne sont réalisables que sur des bassins de taille modeste (moins de 5 000 hectares).
- l'analyse d'images satellites est une technique de plus en plus employée pour les bassins de grande taille. Sa précision, en termes de localisation et de variété des cultures déterminées, est beaucoup plus faible que des levés de terrain (figure 6, p. 20).
- l'analyse de photographies aériennes permet de déterminer les grands types de cultures présentes une année donnée (céréales, maïs, prairies sont les types principaux dans les bassins d'élevage), avec une précision parcellaire comparable à celle des levés de terrain (figure 7, p. 21). Si une information plus précise que le type de culture n'est pas nécessaire, il est souvent possible de se contenter de cette technique.



Par contre, dans les bassins d'élevage, le retournement des prairies temporaires a des conséquences à moyen terme sur la pollution azotée (Turpin *et al.*, 2000b). Il faut donc déterminer des successions culturales, et pour cela réaliser des relevés précis sur plusieurs années consécutives.

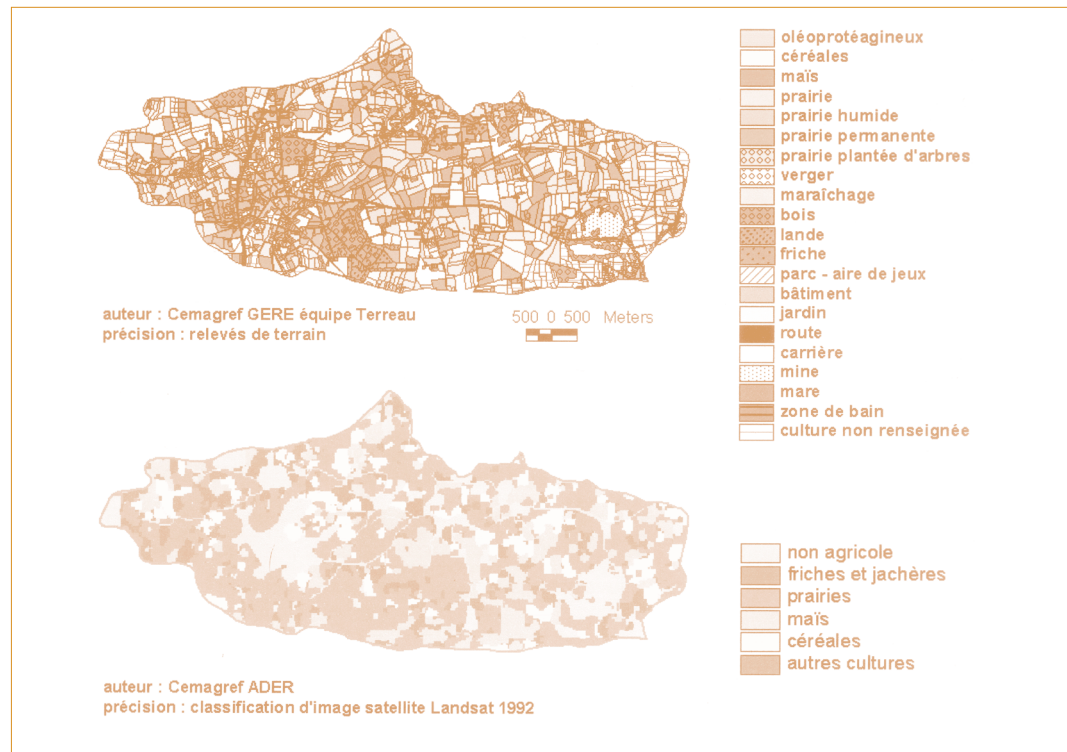
Les pratiques agricoles

Un agriculteur applique sur son exploitation trois grands types de « pratiques agricoles », qui se différencient essentiellement par l'information qu'il gère et la période de temps affectée par une décision :

- à un niveau stratégique, l'agriculteur fixe les objectifs à long terme de son exploitation : il détermine quelles sont les productions qu'il souhaite obtenir, quelle trajectoire il souhaite pour son exploitation, et les investissements qu'il va réaliser (Lanyon, 1994). Les informations nécessaires pour piloter ce niveau de prise de décision proviennent de nombreuses sources, et sont à la fois issues de l'exploitation elle-même ou de son environnement économique. Elles sont en général mal structurées et très subjectives (Lanyon, 1994).
- à un niveau tactique, l'agriculteur combine ses facteurs de production pour atteindre ses objectifs. C'est au niveau tactique que zootechniciens, agronomes et gestionnaires travaillent le plus souvent. À ce niveau se définissent les composantes du système d'élevage (Coleou, 1992) les itinéraires techniques végétaux (Sebillotte, 1993), leurs interactions, en fonction des objectifs de l'exploitant (Bonneville *et al.*, 1989).
- au niveau opérationnel, l'agriculteur effectue les divers travaux qu'il avait prévus, en les adaptant

▲ Figure 5 – Teneur en matière organique du sol (horizon 0-25 cm) selon deux types d'information (carte pédologique au 1/25 000^e et analyses de sol) sur quelques parcelles du bassin du Cétrais (un point représente une parcelle).

► Figure 6 – Répartition spatiale des cultures acquises par télédétection et par relevés de terrain, exemple du Cétrais.



selon les contraintes quotidiennes qu'il rencontre. Ces pratiques quotidiennes peuvent avoir des répercussions importantes sur la pollution diffuse (Sebillotte, 1993) : une intervention de fertilisation, par exemple, ne va pas avoir les mêmes effets sur les transferts de nutriments si elle est réalisée juste avant une forte pluie, ou en période sèche.

Donc quand on interroge un agriculteur sur ses « pratiques », selon la question posée, on va recueillir de l'information sur le système de production (le niveau stratégique), les pratiques moyennes telles que l'agriculteur les conceptualise (le niveau tactique), les pratiques réelles sur chaque parcelle (le niveau opérationnel). Pour un objectif de recherche, si l'on veut essayer de comprendre le fonctionnement du bassin, il est évident que ce sont les pratiques réelles que l'on veut décrire. Mais dans d'autres situations, on peut se contenter d'une information moins détaillée.

Grands bassins : statistiques, dires d'experts

Sur les grands bassins, on se heurte au temps nécessaire à l'acquisition de la donnée : on ne peut pas être exhaustif donc il faut trouver des moyens pour compenser ce handicap. Il est courant d'avoir recours aux statistiques, qui permettent de se faire

une idée des systèmes de production en place, voire des intrants (engrais minéraux, aliments du bétail) consommés, au mieux par commune. Parfois, certains travaux utilisent des pratiques moyennes établies à dire d'expert. Cette méthode permet d'approcher des descriptions de pratiques moyennes, mais reste assez imprécise : sur le bassin du Don, nous avons réuni les conseillers agricoles locaux et leur avons demandé de déterminer *a priori* les risques d'apparition de fertilisation excessive sur maïs, céréales et prairies, par type d'agriculteur (figure 8, p. 22). Nous avons comparé ces fréquences d'apparition attendues avec les fréquences calculées après enquête. Dans notre cas, nous nous sommes aperçus que les experts surestimaient la surfertilisation du maïs et des prairies, et sous-estimaient la fertilisation des céréales pour un tiers environ des types d'exploitations. Une interprétation plus poussée des données montre que les écarts entre l'expertise et ce que l'on peut mesurer apparaissent sur les types d'exploitations qui sont assez mal connus des experts. La plus grande prudence est donc requise lorsque l'on manipule des dires d'experts, et la première question à se poser dans ce cas est : sur quelle base les experts s'appuient-ils pour établir leur expertise, quelle représentation a-t-elle dans la population que l'on veut étudier?

Généralement, l'information recueillie par statistiques ou dires d'experts est assez imprécise : agrégée sur le bassin, elle peut paraître pertinente, mais en fait les erreurs que l'on commet se compensent les unes les autres.

Enfin, il reste un gros problème : si l'on veut suivre des modifications de pratiques on ne sait pas bien où les localiser, ni même les suivre et leur effet vont dépendre du sol sur lesquelles elles sont localisées.

Grands bassins : intérêt d'enquêtes par échantillonnage

Sur les grands bassins, il est aussi possible avec relativement peu de moyens d'acquérir des données sur les pratiques moyennes par enquête sur un échantillon de la population. En prenant toutes les précautions statistiques préalables (l'aide d'un statisticien est précieuse à ce stade), notamment en stratifiant la population et en réalisant un tirage aléatoire de l'échantillon à enquêter dans chaque strate, il est possible d'obtenir une description fidèle des pratiques appliquées une année donnée sur un bassin. Cette méthode permet en outre de mieux connaître des exploitations qui ne sont pas les « clients » habituels des conseillers agricoles du secteur.

Une fois que l'on a dépouillé l'enquête effectuée sur l'échantillon, on se heurte au problème de l'extrapolation de ces informations aux exploitations qui n'ont pas été enquêtées. Il existe des techniques statistiques, comme l'analyse discriminante,

qui permettent de lever en partie cette difficulté. Sur le bassin du Don, nous disposions de la description du système de production pour les 820 exploitations du bassin (information issue du recensement des exploitations). Nous avons utilisé cette information pour stratifier la population, et avons enquêté 82 exploitations en leur demandant de décrire leurs pratiques de fertilisation et leur attitude par rapport à « l'environnement » (nous ne disposons pas de cette information pour la population initiale). Cette enquête a permis de définir huit groupes d'agriculteurs sur leur logique de fonctionnement. Une analyse discriminante⁵ a alors été réalisée pour tenter d'affecter un groupe à chaque exploitation de la population initiale : un test sur un échantillon de contrôle de 120 exploitations montre qu'on n'arrive à retrouver le bon groupe que dans 75 % des cas. La technique demande encore quelques améliorations.

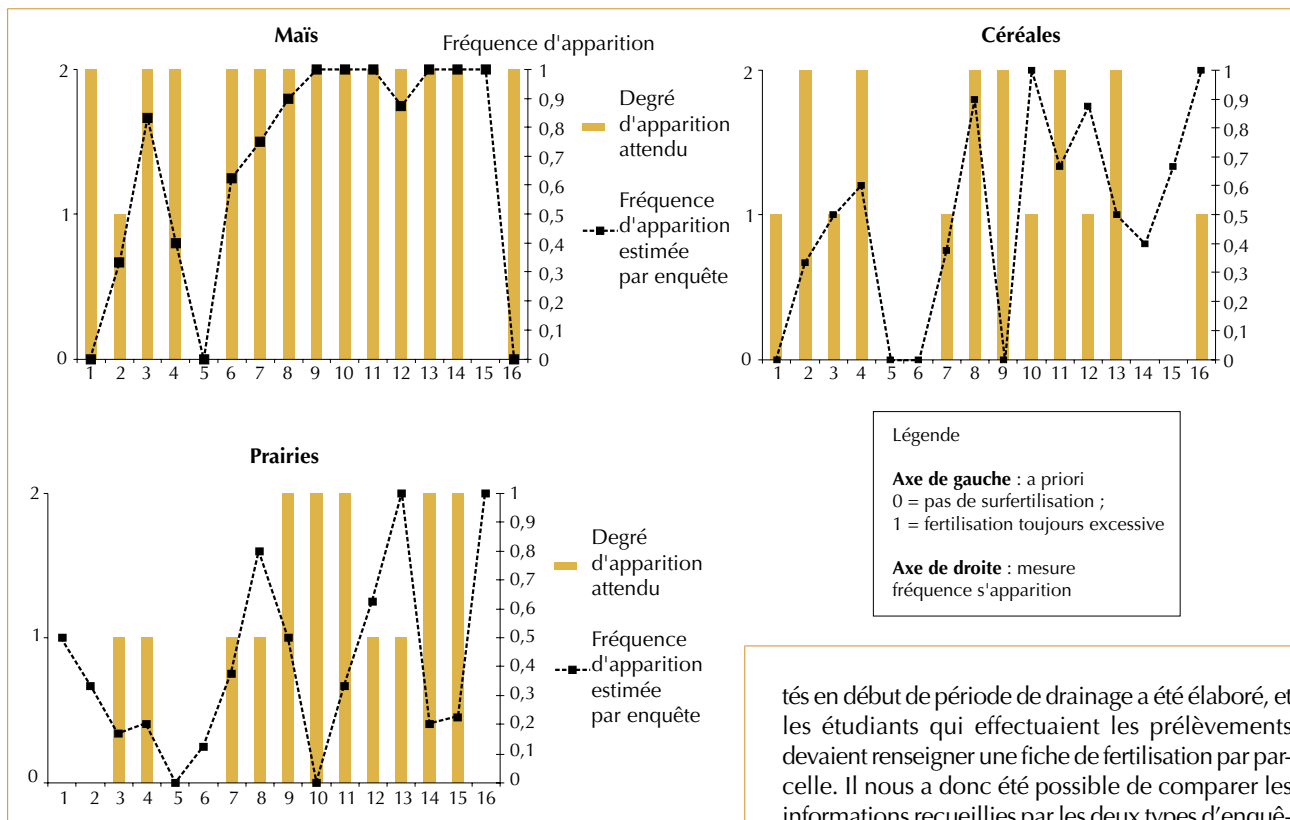
Petits bassins

Sur les petits bassins, il est possible de faire des enquêtes. Mais on ne peut pas recueillir et gérer toutes les informations disponibles sur une exploitation agricole (Carlier *et al.*, 2000a). La question devient donc : comment acquérir l'information pertinente, ayant une précision compatible avec les outils retenus pour l'étude, le plus rapidement possible (pour des raisons de coût) et en limitant les fiches à remplir par l'agriculteur pour ne pas le lasser (puisque la plupart des travaux dans les bassins versants s'inscrivent dans la durée).

5. Se reporter au manuel d'aide du logiciel Sas pour plus d'informations sur cette méthode statistique.



◀ Figure 7 – Détermination de l'occupation du sol par photographie aérienne.



▲ Figure 8 – Fréquence d'apparition de pratiques polluantes par fertilisation excessive à dire d'expert et après enquête, par type d'agriculture sur le bassin du Don.

Par exemple, si l'on travaille avec les exploitants sur plusieurs années pour suivre l'évolution de la charge polluante qu'elles génèrent, il suffit d'acquérir des informations sur le système de production (Plet et Richard, 1994). À l'opposé, si l'on souhaite calibrer un modèle hydrologique, il est préférable de s'attacher à recueillir les pratiques quotidiennes. Entre les deux, tous les cas de figures sont possibles, dans la mesure où les informations acquises ont une précision compatible avec les outils que l'on souhaite utiliser. Ces outils sont très nombreux, depuis les indicateurs synthétiques (Fumery *et al.*, 1993) jusqu'aux bilans parcellaires, annuels (Comifer, 1996), ou sur une plus longue durée (Benoit, 1992), ou aux modèles hydrologiques.

Il faut par contre bien conserver à l'esprit que les informations que l'on recueille peuvent être entachées de biais. Le premier biais possible est un effet enquêteur. Sur le bassin du Cérais, nous avons demandé au conseiller agricole habituel de quelques exploitations de recueillir pour nous les pratiques de fertilisation sur toutes les parcelles. En parallèle, un réseau de mesure de reliquats azo-

tés en début de période de drainage a été élaboré, et les étudiants qui effectuaient les prélèvements devaient renseigner une fiche de fertilisation par parcelle. Il nous a donc été possible de comparer les informations recueillies par les deux types d'enquêteurs (à quelques semaines d'intervalle) sur les mêmes parcelles. Si la fertilisation organique (en moyenne sur trois ans) indiquée est sensiblement la même pour les deux types d'enquêteurs (figure 9), des différences importantes apparaissent sur les doses d'azote minéral indiquées (figure 10), certains agriculteurs sous-estimant systématiquement ce qu'ils ont indiqué aux étudiants par rapport à ce que le conseiller agricole a pu relever.

Nous nous sommes alors demandé quel enquêteur recueillait une information la plus proche des pratiques des agriculteurs. Pour cela, nous avons réalisé des bilans parcellaires, qui estiment sur données de pratiques un reliquat d'azote minéral dans le sol en début de période de drainage. Puis nous avons comparé ces estimations avec des mesures de reliquats entrée hiver sur les mêmes parcelles. Cette comparaison indique que l'information relevée par l'interlocuteur habituel des exploitants est beaucoup plus proche des pratiques réelles que ce qui a été décrit aux étudiants. En approfondissant l'analyse, nous avons alors remarqué que le conseiller agricole faisait reformuler à l'agriculteur toute information qui lui semblait inhabituelle par rapport à ce qu'il connaissait : ce recoupement d'information génère une plus grande précision.

Le second biais qui peut apparaître dans le recueil des données est lié à un effet d'apprentissage : nous relevons systématiquement des incohérences flagrantes dans les informations que nous recueillons au premier passage chez les agriculteurs. Nous ne sommes pas les seuls dans ce cas : sur le bassin du Don, en 1998 et 1999, les agriculteurs qui le souhaitent ont eu la possibilité de recevoir une petite subvention s'ils adhéraient à un cahier des charges visant à améliorer leur fertilisation azotée. Ils devaient en outre enregistrer leurs pratiques, sur un document simple. Sur les 220 agriculteurs qui ont adhéré à la démarche, un échantillon de 80 documents a été dépouillé : la première année d'enregistrement, les informations indiquées se sont révélées incohérentes dans 75 % des exploitations, et seulement dans 23 % l'année suivante. Négliger une vérification de cohérence entre les différentes données recueillies amène souvent à des conclusions ne reflétant pas la réalité qu'elles devraient décrire.

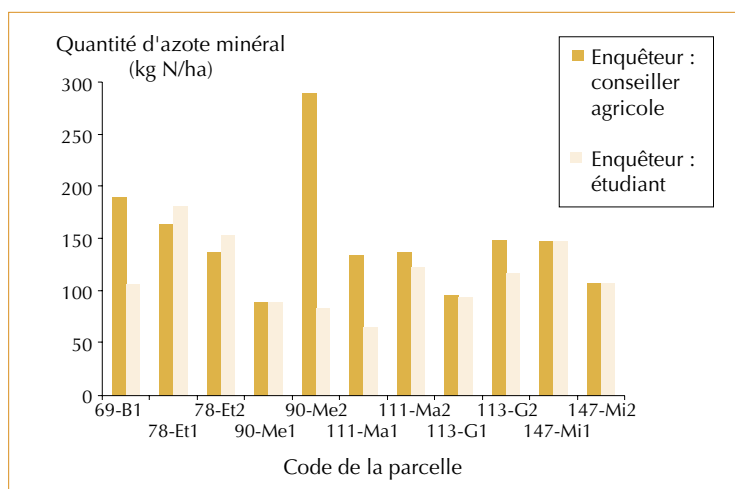
Enfin, certaines données sont très difficiles à acquérir, même avec des agriculteurs très motivés. Ce sont en général toutes les données demandant des enregistrements fréquents, comme les planings de pâturage, celles dont l'acquisition peut perturber un chantier (peser des quantités de fumier réellement épandues en dehors des fermes de référence est fort difficile), ou simplement toute donnée dont l'acquisition n'est pas indispensable à la gestion quotidienne de l'exploitation.

Synthèse

Les travaux menés sur les bassins versants mettent souvent l'accent sur la pertinence des outils utilisés selon l'objectif de l'étude. Rarement cette question est posée aussi pour la pertinence des données acquises en fonction de l'outil utilisé.

Nous avons comparé sur deux petits bassins versants le temps nécessaire (tableau 1, p. 24) à l'acquisition d'informations pertinentes et la capacité de différents modèles (figure 11, p. 25) à représenter les flux d'azote à l'exutoire :

- les modèles régressifs simples ont été élaborés sur plusieurs bassins européens, et mettent en relation le flux d'azote à l'exutoire avec le pourcentage de surface agricole du bassin. Ils donnent des résultats décevants sur les bassins bretons, essentiellement parce que la charge polluante n'est pas liée à la SAU sur ces bassins (présence d'élevages hors sol). Par contre, de tels modèles demandent peu de données et sont rapides à mettre en œuvre.

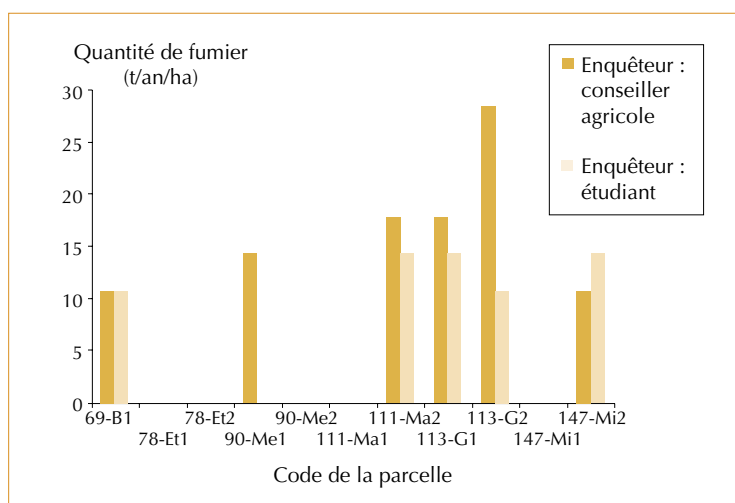


- les « coefficients d'exportation » relient une occupation du sol (comme un maïs, un blé) à un flux à l'exutoire. C'est une méthode très utilisée sur de grands bassins à dominantes de cultures. Sur les bassins d'élevage, la densité animale varie rapidement dans l'espace : il est très improbable qu'un petit bassin présente les mêmes caractéristiques que celles des bassins ayant servi à établir les coefficients et la méthode ne permet pas bien d'estimer les flux à l'exutoire.

▲ Figure 9 – Moyenne des apports d'azote minéral (kg N par hectare) sur trois ans indiqués par les agriculteurs sur quelques parcelles du Cétrais selon l'enquêteur.

- les bilans parcelaires, réalisés ici avec les références locales utilisées pour les conseils de fertilisation, lorsqu'ils sont couplés avec des modèles hydrologiques, reflètent globalement bien les flux d'azote à l'exutoire.

▼ Figure 10 – Moyenne des apports de fumiers (tonnes par hectare) sur trois ans indiqués par les agriculteurs sur quelques parcelles du Cétrais selon l'enquêteur.



Opération		Temps nécessaire (jours)	
		Bassin de 35 km ²	Bassin de 20 km ²
Achat de données de base : modèle numérique de terrain, couvertures Corine	A	5	5
Land cover commande, réception et intégration dans un SIG			
Délimitation du bassin versant (première ébauche sur MNT, vérification terrain et digitalisation)	B	3	2
Carte des parcelles : digitalisation	C	40	25
Carte des cultures : levé de terrain et intégration dans le SIG (par année)	D	8	5
Acquisition de références pour la méthode des coefficients	E	40	40
Enquêtes sur les pratiques de fertilisation (par an)	F	40	35
Acquisition de références locales pour bilans parcellaires	G	15	15
Vérification de cohérence entre les données	H	5	5
Temps nécessaire pour appliquer un modèle régressif : A + B + application modèle		10	8,5
Temps nécessaire pour estimer les flux par des coefficients d'exportation : A + B + C + D + E + application		114	45 (références déjà acquises)
Temps nécessaire pour un diagnostic par bilans parcellaires : A + B + C + 3D + F + G + 3H + application		175	150
Temps nécessaire pour intégrer des données dans SWAT (hors calibrage du modèle) : A + B + C + 3D + F + 3H		160	135

▲ Tableau 1 – Temps nécessaire pour l'acquisition des données sur deux bassins versants.

• SWAT, modèle hydrologique intégrant les cultures et les pratiques de fertilisations, demande un calibrage de très nombreux paramètres, que nous n'avons pas encore achevé.

Ces deux dernières méthodes demandent des données précises, avec un suivi relativement long, mais offrent des résultats prometteurs pour la recherche.

L'acquisition des données pour décrire l'impact de l'activité agricole sur la qualité de l'eau dans les bassins versants d'élevage pose quelques problèmes spécifiques, en sus des problèmes « classiques » d'échelle et de précision d'acquisition. Ces problèmes sont liés à l'interrelation entre les activités d'élevage, dont les agriculteurs se préoccupent en premier lieu, et les pratiques parcellaires qui génèrent éventuellement une pollution. De plus, la pollution générée dépend des pratiques pluriannuelles et un enregistrement ponctuel ne peut permettre de se faire une idée précise de la situation. La plus grande attention doit donc être portée à la cohérence des données recueillies, entre elles chaque année, et d'une année sur l'autre.

Conclusion

Les modèles que l'on peut utiliser pour établir un diagnostic de risque de pollution diffuse ont été élaborés sur de petites surfaces (cases lysimétriques, parcelles d'essai) : à cette échelle, le modélisateur peut réduire l'incertitude liée aux estimations de paramètres qu'il effectue.

Lorsque l'on augmente la surface d'étude, l'hétérogénéité augmente : on ne peut alors pas mesurer en continu tous les paramètres. L'incertitude augmente donc elle aussi. Il faut alors rechercher la moins mauvaise information que l'on peut obtenir selon l'échelle de travail et le modèle utilisés.

Nous avons vu dans cet article qu'il faut harmoniser les échelles d'acquisition de données : il ne sert à rien par exemple d'effectuer des relevés culturaux par parcelle si l'on dispose d'une carte des sols au 1/100 000^e, parce que la précision du résultat ne sera que celle de la carte des sols. Il vaut mieux réorienter les moyens de l'étude pour lever une carte des sols à une échelle plus fine, qui sera compatible avec une carte culturelle par parcelle. Nous avons aussi mis l'accent sur l'information temporelle : dans les bassins d'élevage, le raisonnement sur des successions culturales est nécessaire pour comprendre la genèse des pollutions. Il faut donc déterminer quelles sont les successions culturales et comment les pratiques évoluent dans le temps sur ces successions.

Dans tous les cas, les conclusions que l'on peut avancer après l'utilisation d'un modèle dépendent clairement de l'incertitude sur les paramètres d'entrée. La relation entre incertitude sur les données et incertitude sur les résultats n'est cependant pas simple, et fait l'objet de travaux en cours.



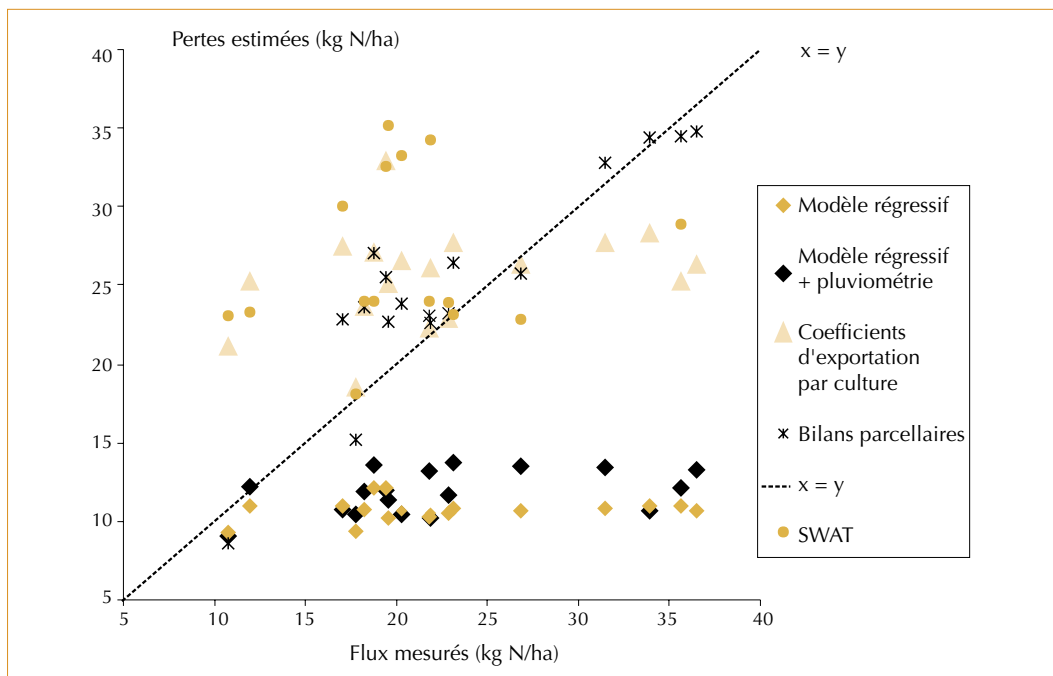


Figure 11 – Flux d'azote estimés et mesurés à l'exutoire de deux petits bassins bretons (adapté d'après Turpin *et al.* [2001b]).

Remerciements

Les travaux dont les résultats ont illustré ce papier ont été rendus possibles par l'appui financier du Cemagref (Carlier *et al.*, 2000b), de l'Union européenne sur le bassin de Ploudiry (Turpin *et al.*, 1996), sur le bassin du Don dans le cadre du projet AgriBMPWater (<http://www.bordeaux.cemagref.fr/adbx/agribmpwater/index.html>), du conseil régional, de la région Pays de la Loire et de l'Union européenne sur le sous-bassin du Cétrais (Turpin *et al.*; 2000a, Turpin *et al.*, 1999).

Résumé

Comprendre la genèse des pollutions diffuses d'origine agricole sur un bassin versant demande de saisir l'influence des caractéristiques physiques du bassin, la diversité des activités agricoles et leurs interactions dans le temps et l'espace. Devant la complexité de ces phénomènes, de nombreuses équipes ont cherché à élaborer des modèles pour faciliter leur appréhension. Cependant, sur un bassin versant, il n'est pas possible de mesurer en continu tous les paramètres : il faut alors rechercher la moins mauvaise information que l'on peut obtenir. Décrire cette information est l'objet de cet article : les données que l'on peut recueillir selon l'échelle, la problématique et la méthode de diagnostic retenue sont tout d'abord décrites, puis les méthodes pour acquérir ces données sont comparées pour les sols, les cultures et les pratiques agricoles. Ces descriptions sont illustrées par des exemples pris sur des bassins que nous suivons.

Abstract

To trace non point source agricultural pollution on a watershed, one needs to analyse the impact of the watershed's physical characteristics, of the diversity of agricultural practices and of their spatial and temporal interactions. Because these phenomena are very complex, many teams are involved in developing models to better understand occurring processes. But on a real watershed it is not possible to continuously measure all the parameters that are required for these models: a very important question is to measure and survey the less bad information. The description of this information is the aim of this paper: the possible surveys, depending on the scale, the problems and the diagnosis methods are first described. Then some methods of data acquisition for soils, crops and agricultural practices are compared. These descriptions are illustrated by examples on some watersheds surveyed by our team.

Bibliographie

- ARNOLD, J.G., ALLEN, P.M. *et al.*, 1993, A comprehensive surface-groundwater flow model, *Journal of hydrology*, 142, p. 47-69.
- BEAUJOUAN, V., DURAND, P. et RUIZ, L., 2001, Modelling the effect of the spatial distribution of agricultural practices on nitrogen fluxes in rural catchments, *Ecological Modelling*, 137, p. 93-105.
- BENOIT, M., 1992, Un indicateur de risques de pollution azotée nommé « BASCULE » (Balance Azotée Spatialisée des Systèmes de Culture de l'Exploitation), *Fourrages*, 129, p. 95-110.
- BONNEVIALE, J. R., JUSSIAU, R. et MARSHALL, E., 1989, *Approche globale de l'exploitation agricole*, Institut national de recherches pédagogiques, Dijon.
- CARLUER, N., GOUY, V., KAO, C., PIET, L., TURPIN, N., VERNIER, F., ARLOT, M.-P., BIOTEAU, T., BOERLEN, P., CHAUMONT, C. et SAINT CAST, P., 2000a, Définition et intégration à l'échelle d'un territoire de scénarios d'action pour lutter contre les pollutions diffuses en milieu rural, *Ingénieries-EAT*, n° spécial Agriculture et environnement, p. 13.
- CARLUER, N., VERNIER, F., PIET, L., TURPIN, N., GOUY, V., et KAO, C., 2000b, *Lutte contre les pollutions diffuses en milieu rural : définition et intégration à l'échelle d'un territoire de scénarios d'action*, Rapport de restitution, Cemagref, 54 p.
- COLEOU, J., 1992, Les pollutions dans les bâtiments et à travers le système animal, *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France*, 78, p. 41-56.
- COMIFER, 1996, *Calcul de la fertilisation azotée des cultures annuelles*, COMIFER, Paris.
- FUMERY, S., DOCKÈS, A.-C., FARRUGGIA, A., MOUCHART, A., CAPDEVILLE, J. et MADELINE, Y., 1993, *Diagnostic environnement en exploitation d'élevage : contribution à l'amélioration de la qualité de l'eau en zone d'élevage par l'élaboration de méthodes de diagnostic permettant de raisonner la nature et le niveau des efforts à mobiliser en fonction des objectifs*, ACTA, 32 p.
- ITCF, 1987, *Catalogue de fiches sur des méthodes d'échantillonnage*, ITCF, service des études statistiques, Paris, 240 p.
- LANYON, L. E., 1994, Dairy manure and plant nutrient management issues affecting water quality and the dairy industry, *Journal of Dairy Science*, 77, p. 1999-2007.
- LAUNAY, M., 1997, La pollution agricole diffuse par l'azote sur le bassin versant de l'Élorn : diagnostic de risque par agrégation de données à différentes échelles, in *Géographie*, Université de Rennes 2, Rennes, 327 p.
- LAURENT, F., ANKER, W. et GRAILLOT, D., 1998, Spatial modelling with geographic information systems for determination of water resources vulnerability application to an area in Massif Central (France), *Journal of the American Water Resources Association*, 34, p. 123-134.
- PLET, P. et RICHARD, R., 1994, *Bilans de fertilisation à l'exploitation : leurs points forts et leurs limites pour les élevages bretons en tant qu'outils de diagnostic et de conseil*, Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, 16 p.
- RIVIÈRE, J.-M., 1989, *Méthode tarière massif armoricain*, INRA, Chambre d'agriculture de Bretagne.
- SEBILLOTTE, M. et MEYNARD, J.-M., 1990, Systèmes de culture, systèmes d'élevage et pollutions azotées, in *Nitrates Agriculture Eau*, Paris, p. 289-313.
- SEBILLOTTE, M., 1993, Analysing farming and cropping systems and their effects, in *System studies in agriculture and rural developments*, INRA, Paris.
- TURPIN, N., CANN, C., TRANVOIZ, M. *et al.*, 1996, *Expérience pilote de Landivisiau*, rapport final à l'Union Européenne dans le cadre des expériences pilotes Life visant à restaurer la qualité des eaux de la rade de Brest, Cemagref Rennes-INRA Rennes-EDE Finistère, 35 p.

TURPIN, N., CARLUER, N., KAO, C., PIET, L., ARLLOT, M.-P., BOERLEN, P., CHAUMONT, C., GOUY, V., SOUILLER, C. et VERNIER, F., 1999, *Action de recherche : développement de lutte contre les pollutions diffuses en milieu rural sur le bassin du ru de Cétrais*, rapport de synthèse FEOGA n° 5B-01-11-D0060, Cemagref, 22 p.

TURPIN, N., CARLUER, N., KAO, C. et PIET, L., 2000a, *Action de recherche : développement de lutte contre les pollutions diffuses en milieu rural sur le bassin du ru de Cétrais*, rapport de synthèse FEOGA n° 5B-01-11-D0060, rapport final, Cemagref, 38 p.

TURPIN, N., CARLUER, N., KAO, C., PIET, L., ARLLOT, M.-P., BOERLEN, P., BIOTEAU, T., CHAUMONT C., GOUY, V., SOUILLER, C., VERNIER, F. et SAINT CAST, P., 2000b, Lutte contre les pollutions en milieu rural : démarche de diagnostic de risques sur le bassin versant du Cétrais, *Ingénieries-EAT*, 22, p. 3-16.


















TURPIN, N., CARLUER, N., GOUY, V., SOUILLER, C., KAO, C., PIET, L., BIRGAND, F. et BIOTEAU, T., 2001a, *Protection des eaux contre les pollutions diffuses, bassin versant du Don/Cétrais*, rapport FEOGA 2000-2001, Cemagref, Rennes, 48 p.

TURPIN, N., GRANLUND, K., BIOTEAU, T., REKOLAINEN, S., BORDENAVE, P. et BIRGAND, F., 2001b, *Testing of the Harp guidelines #6 and #9*, last report : results, Cemagref and FEI, Rennes, 43 p.

VERNIER, F., BIOTEAU, T. et TURPIN, N., 2002, *Guide méthodologique pour la construction d'une base de données sur des bassins versants agricoles*, Cemagref, Bordeaux, 80 p.

ANNEXE

Légende de la carte des sols sur le bassin du Cétrais.

	pseudogley : hétérogène, très hydromorphe dès la surface, moyennement profond à profond
	sol d'apports alluviaux et colluviaux sur altérite de schiste remaniée : lessivé, très hydromorphe dès la surface, moyennement profond à profond
	sol sur dépôts pliocènes : faiblement lessivé, très hydromorphe dès la surface, moyennement profond
	sol sur grès : brun, sain, peu profond
	sol sur grès : faiblement lessivé, hydromorphe dès la surface, moyennement profond
	sol sur grès : faiblement lessivé, hydromorphe sous le labour, moyennement profond
	sol sur grès ferruginisé : brun, sain, peu profond
	sol sur schiste d'Abbaretz : brun, hydromorphe sous le labour, peu profond
	sol sur schiste d'Abbaretz : faiblement lessivé, hydromorphe dès la surface, moyennement profond sur altérite remaniée
	sol sur schiste d'Abbaretz : lessivé hydromorphe dès la surface, profond sur altérite remaniée
	sol sur schiste de Nozay : brun, sain, peu profond
	sol sur schiste de Nozay : brun, sain, superficiel
	faiblement lessivé, hydromorphe sous le labour, moyennement profond sur schiste de Nozay plus ou moins altéré
	faiblement lessivé, hydromorphe dès la surface, moyennement profond sur schiste de Nozay plus ou moins altéré
	sol sur schiste de Nozay gresseux : lessivé, hydromorphe dès la surface, profond
	sol sur schiste de St Perreux : brun, sain, moyennement profond
	autres