

Territ'eau : une méthode et des outils pour améliorer la gestion des paysages agricoles en vue de préserver la qualité de l'eau

Florence Massa ^{ab}, Chantal Gascuel-Odoux ^a, Philippe Mérot ^a, Jacques Baudry ^c, Gabriel Beduneau ^d, Robert Blondel ^b, Patrick Durand ^a, Sylvie Tico ^b et Olivier Troccaz ^e

La place de l'agriculture dans la société est en pleine évolution. Même si sa vocation première reste bien la production de denrées alimentaires, elle s'affirme désormais comme un gestionnaire incontournable de l'espace rural et doit, comme tout acteur de développement, se doter des moyens de rendre compte de son impact sur les milieux (Augeard *et al.*, 2005). Ces enjeux nouveaux, alliés aux processus d'innovation technique en agriculture, ont conduit au renforcement des liens entre les acteurs de la recherche et du développement agricole dans le domaine des relations entre l'agriculture et l'environnement. L'agriculture bretonne produit 14 % de la production agricole française en valeur et consomme 18 % des intrants sur 6 % du territoire. La question environnementale s'y pose donc avec une acuité certaine. C'est dans ce contexte qu'a été élaboré Territ'eau, développé au sein d'une structure de transfert technologique, le GIS¹ Agro-transfert Bretagne créé par l'INRA² et la Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, en association sur ce projet avec les ADASEA³ de Bretagne.

Le concept de la méthode Territ'eau

Territ'eau est une méthode qui s'appuie sur un ensemble d'outils à destination des ingénieurs

du développement leur permettant de mieux prendre en compte les pratiques agricoles et l'aménagement de l'espace rural dans la gestion de la qualité des eaux superficielles. Elle vise à la fois le territoire de l'exploitation agricole et celui lié à la gestion de l'eau par une collectivité. Elle est développée pour des bassins versants de taille moyenne, de quelques dizaines de km² (10-100 km²), taille de beaucoup d'opérations d'aménagement. Elle va du champ et du bord de champ à l'analyse globale de la mosaïque paysagère et des activités sur le territoire, avec notamment l'implication des acteurs finaux (agriculteurs, agents communaux...) dans la démarche. Cette méthode englobe donc des outils de formation, de diagnostic et de préconisation.

Rappel sur des indicateurs et méthodes existants

La littérature scientifique s'est particulièrement attachée à développer des indicateurs, à identifier les facteurs déterminant la qualité de l'eau en termes de source et de transfert ainsi que les seuils relatifs à ces facteurs et à proposer des méthodes d'agrégation de ces facteurs. Par exemple, des indicateurs ont été développés pour le phosphore (Lemunyon et Gilbert, 1993 ; Gburek *et al.*, 2000 ; Heathwaite *et al.*, 2003) et

Les contacts

a. INRA, Agrocampus Rennes, UMR 1069, Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, 35042 Rennes

b. Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, Maison de l'Agriculture, 35042 Rennes

c. INRA, Agrocampus Rennes, UR SAD Paysage, 35042 Rennes

d. ADASEA des Côtes d'Armor, Maison des Agriculteurs, 22195 Plérin

e. Université de Rennes 1, IFR 90 CAREN – UMR 6553 Ecobio, 35042 Rennes

1. Groupe d'intérêt scientifique.

2. Institut national de la recherche agronomique.

3. Associations départementales pour l'aménagement des structures des exploitations agricoles.

4. European Environment Agency.

pour les pesticides (Devillers *et al.*, 2005 ; EEA⁴, 2005). Force est de constater les difficultés de leur mise en œuvre (Levitan, 1995). Celles-ci sont principalement :

- la prise en compte simultanée de différents types de pollutions diffuses, le stockage et les mobilisations différées des éléments polluants dans le bassin versant ;
- l'évaluation des indicateurs, tant cela nécessiterait de données sur de périodes longues et des sites divers ;
- le contrôle de leur bonne mise en œuvre, voire leur incorporation dans des dispositifs réglementaires ;
- leur appropriation par les acteurs de terrain dans leur contexte local qu'ils perçoivent comme spécifique.

Des méthodes plus globales et à caractère plus opérationnel ont été mises en place, par exemple dans le cadre de Fertimieux (Lanquetuit et Sebillotte, 1997) ou du CORPEN⁵ (1999 ; 2001 ; 2003). Ces méthodes n'ont pas réellement été diffusées sur l'ensemble du territoire national malgré leur vocation générique. Elles apparaissent complexes, tout en ne ciblant souvent qu'un seul polluant à la fois et uniquement les espaces agricoles productifs. Or, les techniciens de terrain recherchent actuellement une méthode globale de gestion de l'espace rural visant une gestion agricole et environnementale, quitte à ce que cette méthode soit définie de manière relativement spécifique à un milieu et à un type d'agriculture. Cette demande porte essentiellement sur l'échelle du bassin versant de taille moyenne (10-100 km²). Cet espace apparaît comme un niveau d'intervention déterminant, parce que permettant l'appropriation d'un patrimoine technique et culturel (systèmes agricoles, bocage...) et environnemental (eau, biodiversité...) et par là, la résolution collective de problèmes d'aménagement de l'espace rural, ceci en complément bien sûr d'échelles plus globales où s'élaborent les réglementations (région, État, Europe).

Les points du cahier des charges Territ'eau

La méthode Territ'eau a été développée pour répondre à un cahier des charges défini en plusieurs points et promouvoir une approche :

- fonctionnelle, fondée sur des résultats de recherche, rendus eux-mêmes accessibles et appropriables par les acteurs de terrain ;

- globale du territoire rural, englobant des espaces productifs et des espaces semi-naturels (parcelles cultivées, bordures de champ, zones humides...) qui jouent un rôle régulateur sur la qualité des eaux (Baudry, 1997 ; Caubel-Forget *et al.*, 2002 ; Marshall et Moonen, 2002 ; Viaud, 2004) ;

- s'appuyant et englobant des outils partiels existants, pour ne pas ré-inventer ou perturber les actions nombreuses en cours dans le contexte régional ;

- associant aux diagnostics des propositions d'actions, des scénarios d'évolution adaptés, les diagnostics étant très souvent coûteux et déconnectés de l'action ;

- fondée sur des outils numériques, permettant l'intégration des données dans une base de données et un SIG⁶, favorisant ainsi le développement du caractère interactif du diagnostic, la proposition de scénarios, le suivi des évolutions de la gestion du paysage cultivé (Clark, 1998 ; Rao *et al.*, 2000) ;

- basée sur des outils co-construits et mis en place avec l'implication des acteurs locaux pour favoriser l'appropriation de leur territoire et aller vers la mise en place d'actions pérennes.

Ce cahier des charges assez large nécessitait ainsi de repenser une méthode nouvelle.

Cet article présente cette méthode Territ'eau et explicite certains des outils qui y ont été développés, outils de transmission des connaissances, de diagnostic et de préconisation. Cette méthode est très exhaustivement détaillée sur un site internet (http://agro-transfert-bretagne.univ-rennes1.fr/Territ_eau/accueil.asp). Il en est donné ici une présentation synthétique, illustrée par des applications réalisées sur différents bassins versants sur lesquels la méthode a été testée. Ces illustrations permettent d'apporter quelques éléments de discussion sur cette méthode. Ces bassins versants, situés en Bretagne, sont le bassin versant du Loch (Sud Morbihan), celui de la Fresnaye (Cost Armoricain) et celui de Pleine Fougères (Nord de l'Ille et Vilaine). Ils ont été choisis car ils se différencient par leur milieu (topographie, pluviométrie), le niveau d'intensification de l'agriculture, la disponibilité des données en relation avec les actions déjà mises en place.

5. Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement.

6. Système d'information géographique.

Objectif, cadre et délimitation de Territ'eau

Territ'eau a comme finalité l'amélioration de la qualité des eaux superficielles. Il vise trois étapes :

- l'analyse des spécificités physiques et humaines du territoire abordé, les acquis passés et les ambitions futures du territoire en matière de qualité des eaux ;
- le diagnostic d'une situation donnée, basée sur l'appropriation par les utilisateurs des processus et facteurs impliqués dans la dégradation de la ressource en eau, leur permettant de comprendre et d'adopter les actions correctives proposées ;
- l'identification de solutions correctives de gestion et d'aménagement de l'espace qui contribuent à une amélioration de la qualité des eaux.

Pour aborder ces étapes, Territ'eau a été conçu de façon modulaire (tableau 1). Six modules ont été créés, parmi lesquels le commanditaire fait son choix, selon les données disponibles, les problèmes et les objectifs visés. Le commanditaire visé est une structure collective qui a pour mission la gestion de la qualité de l'eau. Cela peut être un syndicat d'eau, une commune, un bassin versant pilote d'un SAGE⁷, ou toute structure collective. Les utilisateurs, c'est-à-dire les personnes qui mettront en œuvre Territ'eau pour le commanditaire, sont les personnes travaillant sur des problématiques d'aménagement du territoire rural et de diagnostic agro-environnemental : bureaux d'études, services administratifs, syndicats de bassins versants, sociétés d'aménagements foncier,

associations environnementales, chambres d'agriculture..., sans que cette liste soit restrictive.

Territ'eau intègre le bassin versant dans lequel s'inscrit le territoire considéré par le commanditaire. Il porte sur la parcelle ou le groupe de parcelles, l'exploitation, les éléments du paysage et leur réseau ou leur configuration sur le territoire. Il prend donc en compte les parcelles agricoles et les éléments interstitiels à ces parcelles (haies et talus du bocage, fossés, bord de champ...). Il s'appuie sur un diagnostic des chemins de l'eau, des temps de transfert de l'eau, le stockage et la réactivité des éléments chimiques dans ce cheminement, en couplant des raisonnements sur le milieu et les pratiques de gestion des agriculteurs dans ce milieu. Il s'appuie, pour ce diagnostic, sur un panel d'outils comprenant un canevas de travail et des grilles de diagnostic élaborées par des experts, fondées à la fois sur des modèles et des observations de terrain. Il fournit par ailleurs des outils d'information et de formation, permettant la transmission des connaissances aux techniciens et acteurs finaux. Les outils informatiques sont utilisés tant pour la saisie que pour la visualisation des données, sous la forme d'un « parcellaire topographique » renseigné, sur lequel apparaissent les éléments du paysage (parcelles cultivées, zones humides, éléments du bocage, réseau de circulation des eaux...) avec leur contribution positive ou négative à la qualité des eaux. Le SIG a pour objectif d'acquérir et de visualiser les données nécessaires, notamment par croisement de différents types de données, ceci pour alléger le travail de terrain, faciliter la discussion avec les acteurs, archiver les données pour suivre leurs évolutions.

7. Schéma d'aménagement et de gestion des eaux.

N°	Descriptif	Unité de territoire
Module 1	Identifier la demande en termes de qualité de l'eau, faire l'inventaire des données existantes, des moyens et des compétences pour la gestion des données (notamment SIG).	Commune, groupe de communes, syndicat d'eau...
Module 2	Diagnostic milieu (cours d'eau, fossés, zones humides, bords de champ), identification des zones sensibles par polluant.	
Modules 3-4-5	Identification du parcellaire agricole, enquête sur les pratiques, calcul d'une note « source-transfert » par polluant sur le territoire.	L'exploitation et son parcellaire puis le territoire d'action.
Module 6	Élaboration de scénarios d'évolution, préconisations individuelles et collectives.	Scénarios et préconisations à différentes échelles (territoire, exploitation, parcelles).

◀ Tableau 1 – Liste de modules de Territ'eau.

Dans l'état actuel, Territ'eau n'aborde que les espaces agricoles cultivés et non cultivés, hors sièges d'exploitation. Des outils opérationnels sont en effet en place pour les sièges d'exploitation : Dixel (diagnostic environnement de l'exploitation d'élevage), Aquasite (diagnostic des pollutions ponctuelles au siège d'exploitation)... Les espaces non agricoles (routes, villages et villes) devraient être intégrés ultérieurement. Territ'eau aborde la qualité chimique des eaux. Il aborde ici trois éléments chimiques représentatifs de différentes mobilités et chemins de l'eau : l'azote, les pesticides et le phosphore. Sa forme modulaire doit permettre de le compléter par la suite.

L'élaboration de Territ'eau a été suivie par un comité technique d'utilisateurs potentiels qui a donné son avis sur l'adéquation de la méthode vis-à-vis de la demande du terrain tout au long de son élaboration. Il a pour partie participé à la mise en œuvre des tests de terrain et a contribué à la réalisation des supports pédagogiques. Ce comité a eu un rôle très constructif. À titre d'exemple, deux niveaux de clients et d'approche ont été souhaités, celui de l'agriculteur et du territoire de l'exploitation agricole et celui des collectivités en charge de la gestion d'un territoire (commune, syndicat d'eau, gestionnaire de bassin versant...); l'approche modulaire a été également choisie pour prendre en compte la variabilité des informations et des actions déjà mises en place au niveau régional.

Présentation des outils Territ'eau

Des outils de partages des connaissances

Un référentiel technique sur les modes de transfert de l'eau et des éléments associés dans un bassin versant et sur le rôle fonctionnel des éléments structurants du paysage a été élaboré. Il est rédigé dans un vocabulaire technique simple et est accessible de manière électronique, ceci pour favoriser une large diffusion. Il complète d'autres documents produits récemment sur le fonctionnement et le suivi du bassin versant (CSEB⁸, 2005).

Ce référentiel technique explique dans une première partie le fonctionnement hydrologique et hydrochimique des bassins versants sur socle. Des visuels pédagogiques sous forme de dessins et d'animations numériques y ont été produits.

Dans une seconde partie, ce référentiel explique le rôle que peut jouer certains éléments paysagers sur la qualité des eaux, sujet de méconnaissances, voire de controverses. Quatre grands types d'éléments structurant le paysage sont abordés : le cours d'eau et les fossés, les zones humides, les bords de champs, les bandes enherbées. Un plan type a été adopté pour chaque élément : critères de description et conditions de levé (saison, acteurs concernés, méthodes); fonctions environnementales; grille typologique fondée sur des indicateurs fonctionnels; exposé des références scientifiques donnant une évaluation quantifiée de ces fonctions sur des situations types; préconisations; réponses apportées par la recherche aux questions opérationnelles les plus fréquentes (quizz).

L'objectif de ce référentiel technique est d'améliorer, mais surtout de faire partager un socle commun de connaissances sur le fonctionnement hydrologique d'un bassin versant et le rôle des espaces non ou semi-productifs du bassin versant. Ce référentiel tente donc de répondre à la demande de terrain qui porte par nature sur des situations complexes et variées. Pour cela, des approches typologiques sont présentées pour classer cette diversité, fournir des références quantifiées, établies scientifiquement soit sur le terrain soit par modélisation, mais sur des situations simples et bien caractérisées. Le quizz permet l'interaction entre acteurs de terrain.

Des outils de diagnostic et de préconisation : les modules et leur mise en œuvre

Territ'eau comporte six modules dont le contenu est développé ci-après (tableau 1).

LE MODULE 1 « TERRITOIRE, MILIEU ET ACTEURS »

Il a pour objectif de mettre à plat la problématique du territoire vis-à-vis de la qualité de l'eau et d'identifier la demande du commanditaire; de prendre en compte les spécificités du territoire et les actions déjà réalisées pour proposer une démarche à la carte; d'en déduire les polluants cibles et les modules retenus, les possibilités de partenariat et de mutualisation des données existantes; et au bilan, décider avec le commanditaire de la démarche à adopter et des façons de procéder pour atteindre les objectifs. Par exemple, le commanditaire décidera si le réseau hydrographique fonctionnel est identifié par un prestataire mandaté par la collectivité ou

8. Conseil scientifique de l'environnement de Bretagne.

par les acteurs locaux (agriculteurs, associations locales de protection de la nature, de pêcheurs, randonneurs...) avec une appropriation différente des enjeux selon la méthode utilisée (participative ou non).

Le module propose ainsi de réaliser les trois points suivants :

- une analyse de l'existant (programmes locaux déjà en place, recensement des données disponibles, de leur accessibilité, de leur possible ré-utilisation, inventaire et limites des zones où agit déjà le commanditaire) ;

- un diagnostic des productions agricoles présentes sur le territoire et de leur organisation (nombre d'agriculteurs, spécificités des productions, répartition des exploitations sur le territoire, groupement d'agriculteurs déjà constitués, structures agricoles de conseil intervenant auprès des agriculteurs) et du milieu (P : précipitations, ETP : évapotranspiration potentielle) carte des sols, carte des zones humides... ;

- une identification des moyens humains et financiers potentiellement disponibles, la participation prévue des acteurs locaux, les délais de restitution souhaités pour définir une démarche lisible et appropriée par les acteurs en présence.

Les étapes de ce module sont les suivantes : initier la démarche ; démarrer l'étude (organiser une réunion publique, signer une convention d'engagement, élaborer un comité de pilotage) ; identifier les données déjà disponibles, définir le contenu de l'étude et les modules retenus, la méthode pour les réaliser, expliciter le rôle des acteurs impliqués, les moyens et le calendrier. Ce module doit aboutir à un devis.

LE MODULE 2 PORTE SUR LES ÉLÉMENTS STRUCTURANTS LE PAYSAGE AGRICOLE

Il intègre : réseau hydrographique, topographie, zones humides, bois et bords de champ, caractéristiques des éléments paysagers sur le territoire, en particulier ceux le long du réseau hydrographique. Il a comme premier objectif de mieux connaître chacun de ces éléments : de les inventorier et de décrire leur intérêt vis-à-vis de la qualité des eaux. Il a comme deuxième objectif d'en déduire, à l'échelle du bassin versant, le rôle tampon qu'ils peuvent jouer, et de délimiter l'extension des surfaces contribuant principalement à la qualité des eaux selon la nature des polluants.

Deux fonctions tampons des éléments paysagers sont identifiées : un rôle de barrière pour les transferts par ruissellement et érosion ; un rôle d'abattement des flux, qui concerne toutes les voies de transfert (surface, sub-surface ou profond), et qui est estimé par une caractérisation des éléments paysagers et du polluant concerné.

Trois grands types de surface sont définis au sein du bassin versant :

- l'ensemble du bassin versant pour les polluants à forte mobilité, tel que le nitrate, qui arriveront à la rivière de n'importe quel point du bassin versant, à plus ou moins long terme et selon un cheminement plus ou moins profond ;

- les zones saturées ou les zones de fortes pentes proches du réseau hydrographique, pour les polluants à faible mobilité comme le phosphore, transporté de manière préférentielle par ruissellement et érosion ;

- les zones intermédiaires, où la nappe est proche de la surface pour les polluants à mobilité intermédiaire comme les herbicides dont les transferts sont à la fois verticaux et latéraux et présentent un transfert de surface et de sub-surface (Tortrat, 2005).

Le module comporte les six étapes suivantes :

- le zonage du territoire en fonction de la topographie, et la délimitation du bassin versant principal, des sous-bassins versants, et au sein de ceux-ci, les unités topographiques homogènes (même classes de pente, même classe d'orientation cardinale) ;

- la cartographie du réseau hydrographique fonctionnel, incluant certains fossés selon des critères définis ;

- un pré-zonage du bassin versant en fonction de l'occupation des sols, notamment des zones cultivés et non cultivés ;

- la cartographie des zones d'affleurement de nappe, par la délimitation de zones humides potentielles et effectives, la caractérisation de leur efficacité vis-à-vis des nitrates, là aussi définies selon certains critères ;

- le diagnostic des éléments paysagers de type bordures de champ, bandes enherbées, bois, et la caractérisation de leur efficacité vis-à-vis des écoulements de surface et de sub-surface ;

- la cartographie, qui en est déduite, des zones de transferts de surface et de sub-surface.

Chacune de ces étapes est décrite dans le détail à partir de facteurs, de classes ou de critères visuels fonctionnels qui peuvent être facilement appréhendés sur le terrain.

Ces étapes sont fondées pour la plupart sur des méthodes déjà utilisées. Ainsi, l'inventaire du réseau hydrographique fonctionnel reprend la méthode élaborée par l'ADASEA des Côtes d'Armor (Messiez-Poche, 2003). L'inventaire des zones humides potentielles et effectives se fonde sur la méthode développée par Durand *et al.* (2000) et Merot *et al.* (2006). Une carte régionale des zones humides potentielles, calculée à partir d'un indice topographique défini par Merot *et al.* (2003), a été produite pour permettre à l'ensemble des utilisateurs la délimitation des zones humides potentielles sur une base commune. Les zones humides effectives sont levées sur le terrain selon des critères définis par Durand *et al.* (2000). La caractérisation de l'efficacité des zones humides en termes de dénitrification, qui n'existait pas ailleurs, a été élaborée dans le cadre de Territ'eau, grâce au travail d'un groupe d'experts fondé sur l'analyse des résultats bibliographiques, de références de terrain dans les conditions régionales et de résultats de modélisation (tableau 2). Dans ce tableau, les quatre critères retenus pour caractériser la gestion de la zone humide vis-à-vis de la dénitrification ont été choisis pour leur rôle sur la dénitrification, parce qu'ils sont

reconnaissables sur le terrain et qu'ils sont des leviers pour proposer des améliorations de leur capacité dénitrifiantes :

– **durée de saturation** : au cœur de l'hiver, tôt à l'automne jusque tard au printemps, toute l'année ;

– **type et longueur d'interface versant-zone humide** : aucune délimitation, présence d'un simple bord de champ, présence d'un talus de ceinture ;

– **courts circuits** : écoulements préférentiels de type fossé traversant la zone humide ou la court-circuitant, connectés à l'amont, et allant directement au réseau hydrographique fonctionnel (les fossés drainants à l'intérieur d'une zone humide ne sont pas des courts circuits) ;

– **occupation du sol** : culture, végétation spécifique oligotrophe, végétation eutrophe.

L'inventaire et le diagnostic des éléments paysagers de type bordures de champ, bandes enherbées, bois, et la caractérisation de leur efficacité vis-à-vis des écoulements de surface et de sub-surface est quand à lui fondé sur d'autres travaux (Thenail et Codet, 2005 ; Tortrat, 2005). Il permet de distinguer les zones de transfert de surface selon un arbre de décision (figure 1).

À titre d'exemple, la figure 2 présente la carte du réseau hydrographique IGN⁹ et du réseau

9. Institut géographique national.

► Tableau 2 – Caractérisation de la gestion d'une zone humide vis-à-vis de la fonction dénitrification.

Limite zone humide/versant	Apport d'eau dans la zone humide	Végétation naturelle eutrophe +	Prairie		Culture –	Végétation oligotrophe
			Fauchée ou peu pâturée, apports d'engrais azoté < 50 U	Fauchée et fertilisée > 50 U ou pâturée		
Haie continue +	Pas de court circuit +	+++	+++	++-	++-	Zone humide à conserver pour sa valeur patrimoniale
	Court-circuit –	+ - +	+ - +	+ - -	+ - -	
Haie discontinue ou absente –	Pas de court circuit +	- + +	- + +	- + -	- + -	
	Court-circuit –	- - +	- - +	- - -	- - -	

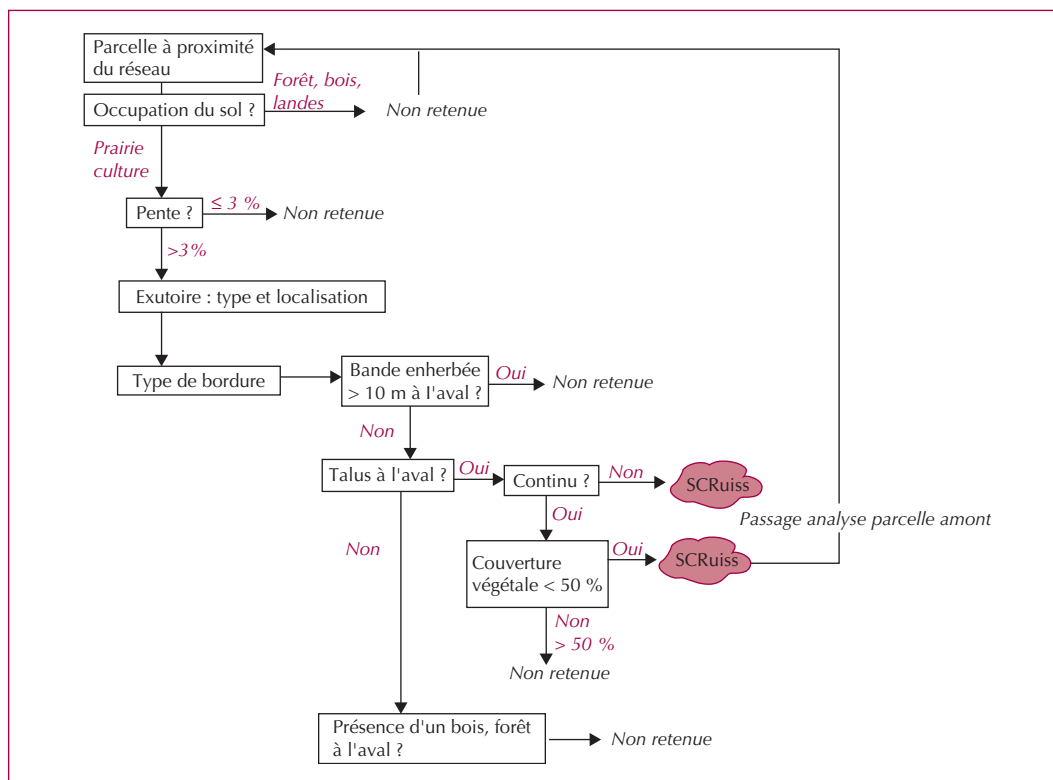
Caractérisation de la gestion de la zone humide vis-à-vis de la fonction dénitrification :

+++ : très bien gérée ;

+ - +, - + +, - + - : bien gérée ;

+ - -, - + - : médiocrement gérée ;

- - - : mal gérée.



◀ Figure 1 – Grille d'analyse de la délimitation des zones contributives au ruissellement.

hydrographique fonctionnel vis-à-vis de la qualité des eaux, des zones humides potentielles et effectives sur le bassin versant du Loch. On voit que le réseau fonctionnel est bien plus étendu que le seul réseau IGN et que les zones humides potentielles et effectives recourent des espaces différents. Les espaces de reconquête des zones humides, entre zones humides effectives et zones humides potentielles, supposés liés au drainage agricole ou aux limites du calcul de l'indice, sont ici relativement faibles. À partir de ces relevés, on peut déterminer trois indicateurs : l'extension des zones humides potentielles, l'état de conservation des zones humides sur le territoire et la marge de gestion de ces zones par rapport au processus de dénitrification (tableau 3).

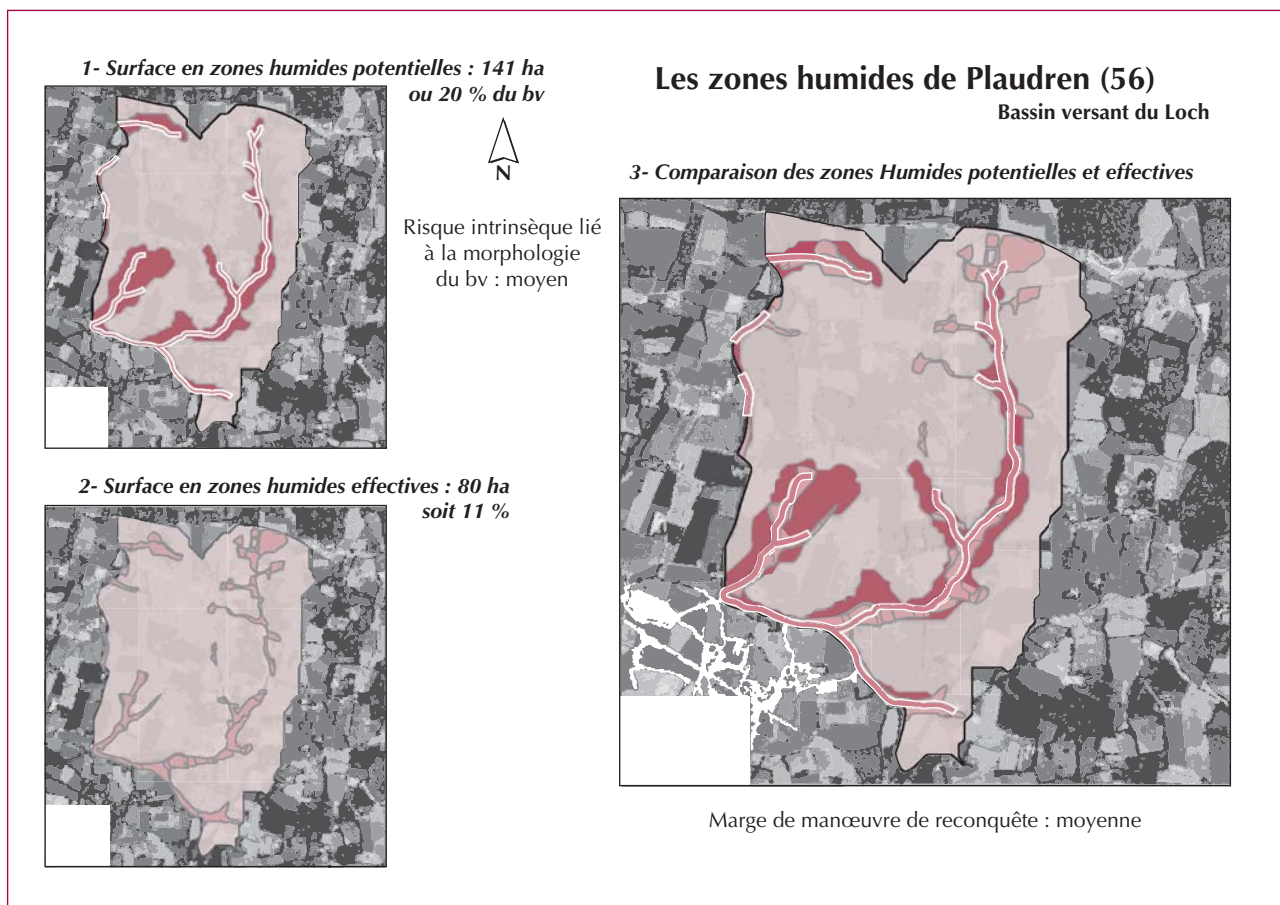
LES MODULES 3, 4 ET 5 ABORDENT CHACUN UN POLLUANT

Il s'agit, respectivement, des pesticides nitrates et phosphore. Nous ne développerons ici que les modules 3 et 4, considérés comme achevés. Pour ces modules, un questionnaire d'enquête est réalisé auprès de l'agriculteur. Il permet d'identifier les pratiques de l'agriculteur par rotation culturale

type, par parcelle ou groupe de parcelles. Certaines données disponibles chez l'agriculteur sont également reprises (cahier de fertilisation, plan de fumure, cahier d'enregistrements phytosanitaires obligatoires depuis 2006). Les modules visent à établir une note, qui prend en compte d'une part la pression polluante exercée sur le milieu, c'est-à-dire le facteur « source », d'autre part l'abattement lié au milieu et les connectivités de la parcelle à la rivière, c'est-à-dire le facteur « transfert », et rend ainsi compte de manière semi-quantitative des flux sortants.

Le module 3 sur les pesticides

Il comprend tout d'abord l'inventaire de l'ensemble des traitements phytosanitaires (herbicides, insecticides, fongicides) appliqués sur la rotation culturale, y compris l'interculture, selon les produits, les doses, le nombre de passages, les périodes d'intervention et le linéaire des bordures de champ traitées, ceci sur l'ensemble du bassin versant. Une pression phytosanitaire globale est ainsi évaluée à partir du questionnaire d'enquête et du cahier d'enregistrement phytosanitaire obligatoire depuis 2006.



▲ Figure 2 – Inventaire du réseau hydrographique fonctionnel, des zones humides potentielles et effectives sur le bassin versant du Loch (Morbihan).

Source : G. Petit sur fond BD Ortho-IGN®

10. Cellule d'orientation régionale pour la protection des eaux contre les pesticides.

Ce module comprend ensuite une évaluation des risques de transfert de la parcelle au bassin versant limitée aux herbicides sur maïs et céréales à pailles. Cette évaluation prend en compte les caractéristiques et les doses de produits apportés sur les surfaces contributives au ruissellement et les surfaces contributives aux transferts de subsurface déterminées dans le module 2. Cette pression phytosanitaire est détaillée pour les herbicides utilisés sur maïs et sur céréales à paille parce que l'on dispose pour eux d'un classement en fonction de leur risque de transfert. La classification retenue est celle de la CORPEP¹⁰ en Bretagne, pour lequel trois groupes de produits sont distingués en fonction de leur persistance, de leur mobilité et de la dose apportée (Laubier, 2001). Cette classification est susceptible d'être revue dans le cadre d'un classement régional ou national. Une sommation des quantités appliquées, moyennées sur la rotation, est calculée par groupe de produit, pour chaque parcelle

de l'exploitation. Une cartographie des apports d'herbicides sur les surfaces contributives au ruissellement et au transfert de subsurface est réalisée (figure 3). Ces quantités apportées sont ensuite sommées sur ces surfaces pour estimer une pression phytosanitaire susceptible de contribuer à la contamination du cours d'eau.

Cette approche reprend pour cette partie la méthode de classement des parcelles à risque utilisée précédemment en Bretagne (Aurousseau *et al.*, 1998), puisque les surfaces contributives au ruissellement et au transfert de subsurface correspondent globalement aux parcelles dites « à risque » de transfert phytosanitaire. Elle élargit cette approche en considérant les risques de transfert des pesticides à partir du milieu mais aussi des pressions, par un inventaire de l'ensemble des pressions phytosanitaires et un inventaire détaillé des pressions liées à certains herbicides très utilisés.

Importance des zones humides potentielles	Surface en zones humides potentielles	Sensibilité intrinsèque du territoire liée à la morphologie du bassin versant
Le tableau permet de classer le territoire en fonction du % de zones humides potentielles. Cela signifie que dans un territoire avec une sensibilité faible, les zones humides pourront jouer un rôle important.	0-10 %	Forte
	10-20 %	Moyenne
	> 20 %	Faible

◀ Tableau 3 – Indicateurs de présence et de gestion des zones humides par sous-bassin versant (les pourcentages ont été estimés à dire d'experts pour le contexte breton).

Conservation des zones humides	Surface en zones humides potentielles	Surface en zones humides effectives	État actuel de conservation des zones humides sur le BV
Le tableau permet de connaître l'état de conservation des zones humides et de voir s'il existe une marge de reconquête possible.	0-10 %	0-10 %	Bon
	10-20 %	0-10 %	À améliorer
		10-20 %	Bon
	20-30 %	0-10 %	Critique
		10-20 %	À améliorer
		20-30 %	Bon

Caractérisation de la gestion des zones humides vis-à-vis de la fonction dénitrification	Surface de zones humides effectives bien gérées par sous-bassin versant	Caractérisation de la gestion des zones humides vis-à-vis de la fonction dénitrification	Préconisation
La caractérisation de la gestion des zones humides est agrégée par sous-bassin versant à partir d'une caractérisation par zone humide (tableau 2).	0-30 %	Mauvaise	À revoir
	30-50 %	Moyenne	À améliorer
	> 50 %	Bonne	Maintien

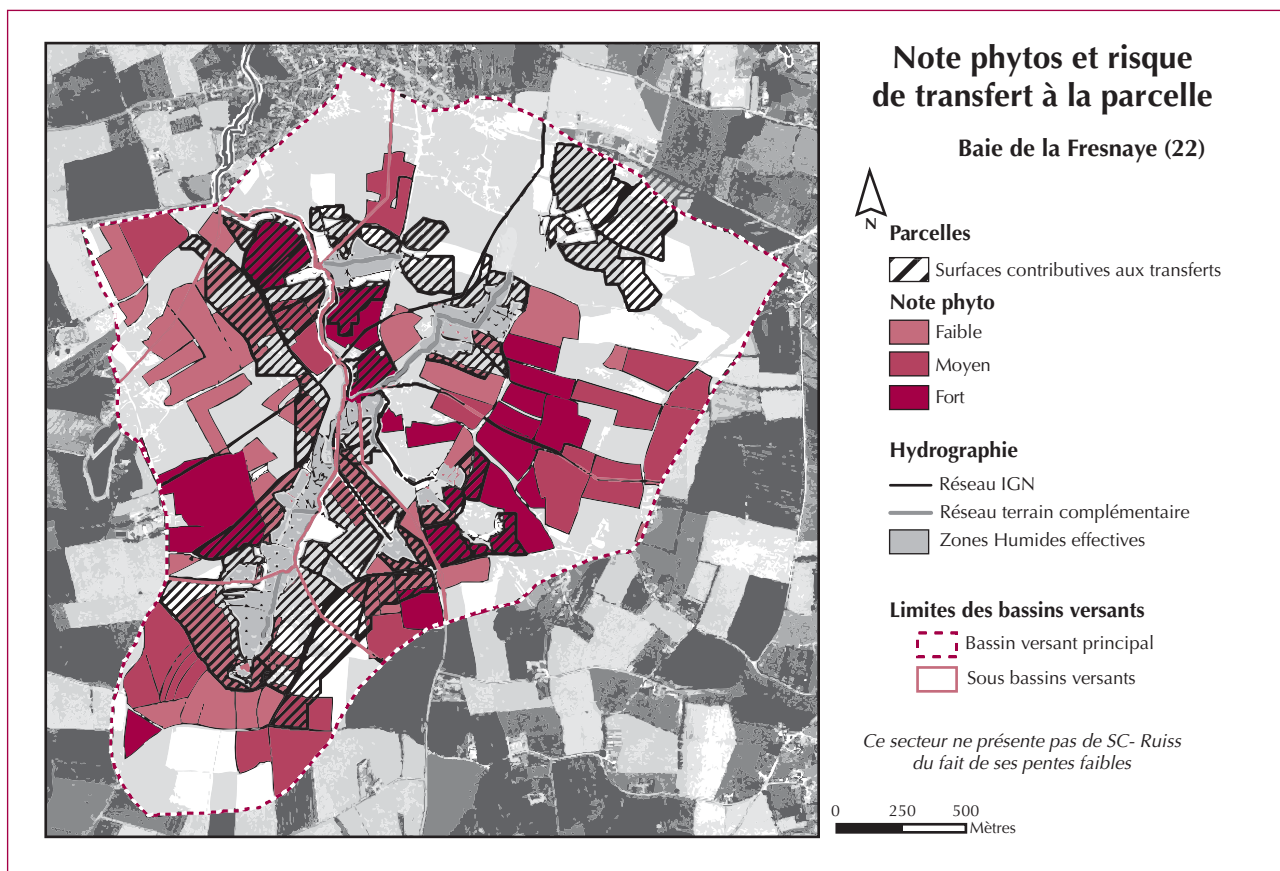
Le module 4 évalue la note nitrates

L'évaluation est réalisée d'abord à l'échelle de la parcelle, puis à celle du bassin versant. À l'échelle de la parcelle, sont pris en compte :

- la sensibilité du milieu au lessivage des nitrates ;
- la pression azotée liée à la rotation culturale dans le cadre d'une fertilisation équilibrée ;
- l'excédent de fertilisation apporté par l'agriculteur, si c'est le cas.

La sensibilité du milieu évalue un taux de transfert des nitrates ; elle est fonction du bilan annuel des précipitations moins l'évapotranspiration et de la profondeur des sols. On considère que si la pluie

efficace est faible et les sols profonds, les nitrates peuvent être remobilisés d'une année sur l'autre, sans être entièrement lessivés vers la nappe puis les eaux de surface. Les flux sont calculés en unité d'azote, évalués à la parcelle, puis moyennés sur une portion de bassin versant ou sur un bassin versant élémentaire. Cette moyenne n'est effectuée que si la surface enquêtée, et donc si les flux, représentent plus de 60 % de la surface totale. Ces flux moyens prennent en compte, à partir du module 2, l'inventaire des surfaces non agricoles (bois, friches mais aussi routes et bâti) et la caractérisation des zones humides en termes d'extension et de gestion, traduites ici dans ce module 3 en terme d'abattement dû à la dénitrification. Ces différentes étapes sont détaillées ci-après.



▲ Figure 3 – Cartographie de la note phytosanitaire sur le bassin versant de la Baie de la Fresnaye (source : G. Petit, sur fond BD Ortho-IGN®).

11. Pluie-évapotranspiration.

La sensibilité du milieu au lessivage des nitrates du sol vers la nappe est fonction de P-ETP¹¹, estimé ici à partir d'une carte régionale des observations moyennées sur 30 ans. Si P-ETP est supérieur à 300 mm, on considère que le taux de transfert est de 100 %. Si le bilan P-ETP est ≤ 300 mm, la différenciation des sols sur des critères d'hydromorphie et de profondeur est nécessaire. Elle s'appuie sur une des méthodes suivantes. La première méthode consiste à se baser sur la carte des sols au 25 000^e, si elle existe. À défaut, il faut procéder à un classement des terres pour repérer les sols profonds et sains. Ce classement peut être réalisé sur le terrain à partir d'une référence cartographique commune (fond topographique, parcellaire). Il peut être effectué soit par les acteurs locaux dans le cadre d'une animation locale faisant appel à une démarche participative, soit par enquête auprès des agriculteurs. Le classement est *in fine* reporté dans un SIG.

La pression azotée liée à la rotation culturale est évaluée dans le cadre d'une fertilisation équilibrée. Les informations mobilisées sont la carte du parcellaire et le questionnaire d'enquête réalisé auprès de l'agriculteur. La phase d'enquête permet de faire l'inventaire des rotations, y compris des intercultures, et de les localiser sur le parcellaire de l'exploitation de chaque agriculteur. Les rotations sont reliées à des rotations types, évaluées en termes d'excédent d'azote. On distingue :

- les prairies extensives ;
- les rotations de cultures annuelles avec inter-culture ;
- les rotations incluant des prairies avec fauche partielle une à deux fois par an, mais sans inter-culture ;
- les prairies pâturées de manière intensive mais jamais retournées ;

– enfin les prairies pâturées de manière intensive avec retournement et les rotations prairie temporaire pâturée/maïs/blé.

Les rotations incluant des légumes sont intégrées à cette typologie. Cette typologie spécifique de la Bretagne est associée à une grille d'excédent d'azote établie en kg N lessivé/ha/an moyen sur la rotation. Cette grille originale, visible sur le site d'Agro-transfert, a été établie sur la base de résultats expérimentaux (Blondel *et al.*, 1997 ; COMIFER¹², 1996 ; Cabaret et Le Gall, 1999 ; Laurent *et al.*, 2003). Les données sont insérées dans le SIG.

La fertilisation réalisée permet d'évaluer l'excédent d'azote par rapport à une fertilisation équilibrée. Les informations mobilisées sont les mêmes. Des informations supplémentaires, notamment les plans prévisionnels de fumure et les cahiers de fertilisation de l'agriculteur, s'ils sont jugés satisfaisants et validés par le commanditaire, sont également utilisés. Pour chaque culture de la rotation, on évalue l'écart entre la dose d'azote apportée et la dose d'azote conseillée. Cet écart par culture est sommé pour l'ensemble de la rotation et ramené à un écart moyen annuel par hectare. Si les documents chez l'agriculteur ne permettent pas ce calcul, on utilise à défaut une méthode semi-quantitative basée sur une typologie des apports, donnant à partir du nombre d'apports d'engrais minéraux et organiques, l'excédent en unités d'azote. Cette méthode est illustrée sous la forme d'un code couleur pour indiquer son caractère semi-quantitatif. Elle ne doit cependant pas être privilégiée car elle reste très approximative.

Les flux moyens annuels de nitrates sont estimés pour chaque parcelle puis chaque exploitation agricole, en intégrant les trois composantes : la sensibilité du milieu, la pression polluante liée à la rotation, l'écart éventuel à la fertilisation équilibrée. Deux tableaux sont établis, dont seul celui correspondant à une forte sensibilité du milieu figuré ici (tableau 4). Ce tableau montre que les pressions liées à la rotation et à la fertilisation sont agrégées par une simple addition. Par exemple, pour un milieu très sensible (P-ETP > 300 mm, sol peu profond de RFU¹³ < 70 mm), la sensibilité du milieu est 1 et le taux de transfert de 100 %. Un flux annuel de nitrates de 50 unités d'azote est établi pour une parcelle présentant des cultures annuelles avec interculture (deux années successives de maïs, puis un blé et une interculture), du fait d'un excédent lié à la rotation de 35 unités d'azote et d'une fertilisation excédentaire de 15 unités d'azote.

Dans un premier temps, le flux moyen annuel de nitrates par parcelle est agrégé par sous-bassin versant, pour calculer une note nitrates, montrer l'impact des pratiques agricoles (rotations culturales, fertilisation...) à la contamination des eaux au prorata des surfaces concernées, comparer les sous-bassins versants pour hiérarchiser des priorités d'action (tableau 5 et figure 4). Le calcul du flux moyen annuel ou note nitrates moyenne par bassin versant élémentaire n'est fait que si le rapport entre SAU¹⁴ enquêtée et SAU totale est supérieur à 60 %. Il est fait grâce au SIG, en sélectionnant les parcelles du bassin versant et en renseignant le flux moyen annuel par parcelle. La surface de référence est la surface totale, en incluant les parcelles agricoles et les

12. Comité français d'étude et de développement de la fertilisation raisonnée.

13. Réserve facilement utilisable.

14. Surface agricole utile.

Sensibilité milieu (taux de transfert)		Forte = taux de transfert de 100 %			
Pression azotée liée à la rotation					
	Évaluée de manière qualitative	Très faible	Faible	Moyen	Fort
	En kg de N/ha/an	20	35	45	55
Combinaison des trois facteurs milieu, rotation et fertilisation					
Pression azotée liée à la fertilisation	Nulle : 0	20	35	45	55
	Faible 10 à 25 uN : 15	35	50	60	70
	Moyen 25 à 50 uN : 35	55	70	80	90
	Fort 50 à 100 uN : 75	95	110	120	130
	Très fort >100 uN : 125	145	160	170	180

◀ Tableau 4 – Calcul de la pression azotée par parcelle pour un milieu dit sensible (P-ETP > 300 mm).

autres surfaces (bois, friches, routes et bâti...) et en considérant comme nul le flux de nitrates sur les surfaces non agricoles. Dans un 2^e temps, un abattement est introduit pour tenir compte de la dénitrification liée aux zones humides effectives (non figuré). Cet abattement a pour objectif de montrer le rôle de leur présence et de leur gestion sur la qualité de l'eau. Cet abattement est fonction :

- de la conservation des zones humides, évaluées en fonction de l'importance des zones humides effectives par rapport aux zones humides potentielles ;
- de la surface des zones humides effectives dans le bassin versant élémentaire et de leurs modes de gestion vis-à-vis des nitrates à partir des indicateurs déterminés dans le module 2 (tableau 1). Leur position dans le bassin n'intervient pas dans le calcul.

Le module 5 consacré au phosphore n'est pas achevé

Le module 6 porte sur les préconisations d'action

Il a pour objectif de proposer des solutions d'amélioration de la gestion du territoire pour la préservation de la qualité des eaux. Ces pro-

positions, reprenant la classification retenue lors de l'expertise pesticides (Aubertot *et al.*, 2006) peuvent être de trois ordres :

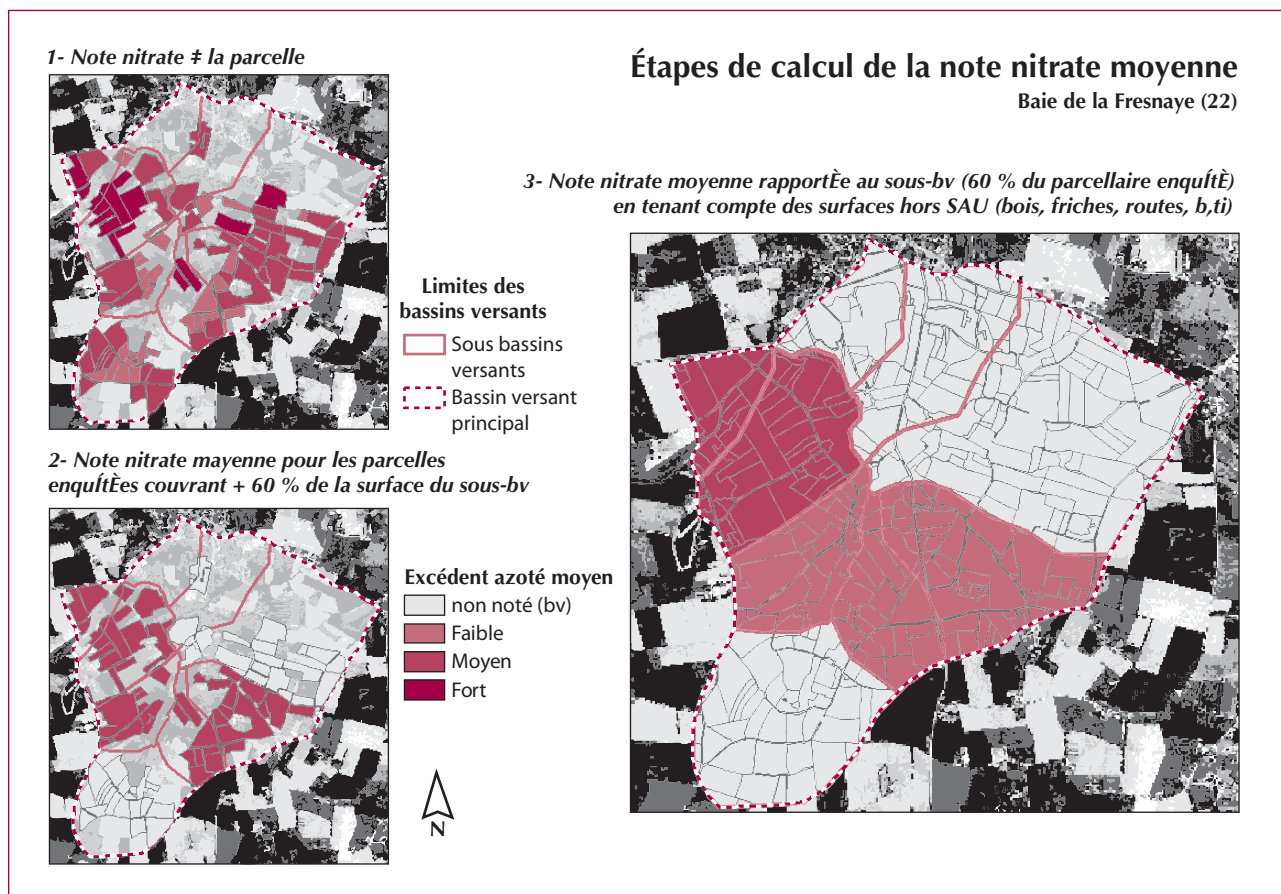
- limiter les transferts par la mise en place d'aménagements ;
- raisonner les pratiques agricoles en fonction de la sensibilité du milieu ;
- changer le système de production, avec notamment pour les systèmes bretons l'exemple de Alard *et al.* (2002) étudiant des systèmes herbagers économes en intrants.

Ces solutions peuvent être mises en place à plusieurs niveaux types :

- au sein de l'exploitation agricole, avec comme limite la portée des actions entreprises et comme avantage une analyse et des propositions qui ne requièrent que l'accord de l'agriculteur et la palette des trois types de solutions ;
- entre plusieurs exploitations adjacentes avec comme avantage de mettre en œuvre des solutions d'aménagement plus efficaces, car acceptées de tous, donc pérennes mais en envisageant des moyens pour lever les contraintes de voisinage : contact, transmission de documents, aides de la collectivité (subventions, animation) ;

► Tableau 5 – Calcul de la pression azotée par sous bassin versant.

Étapes	Descriptif
1. Passage de la parcelle au bassin versant élémentaire	Identification par SIG du parcellaire appartenant au bassin versant élémentaire.
2. Comparaison SAU enquêtée/SAU du bassin versant élémentaire	Si le rapport SAU enquêtée/SAU total > 60 %, calcul d'une note nitrates moyenne sur le bassin versant élémentaire possible.
3. Calcul de la pression azotée sur le parcellaire enquêté	Excédent azoté moyen des parcellaires enquêtés = (excédent azoté parcelle n × surface parcelle n / somme des parcelles).
4. Calcul de la surface du bassin versant de référence	La surface de référence est constituée de la SAU totale (ensemble des parcelles agricoles) et des autres surfaces (bois, friches, routes et bâti). L'excédent azoté des parcelles non agricoles est considéré comme égal nul.
5. Calcul de l'excédent azoté pour le bassin versant élémentaire	Excédent azoté moyen/bassin versant = excédent azoté moyen des parcellaires enquêtés / surface totale du bassin.
6. Abattement par dénitrification dans les zones humides effectives (module 2)	Abattement appliqué en fonction :
	– de la conservation des zones humides effectives/potentielles,
	– de la surface en zones humides effectives,
	– de leur mode de gestion/nitrates.



– enfin, des actions spécifiques de la collectivité (aménagement foncier, rachat de terre). À ces deux derniers niveaux, ce seront essentiellement des solutions visant à limiter les transferts qui pourront être mises en œuvre. Ce module s'appuie sur une quinzaine de fiches illustrant la mise en œuvre d'actions innovantes réalisées en Bretagne, détaillant, pour chaque action, son contenu et sa mise en œuvre, le territoire et les acteurs concernés.

Les étapes de ce module sont de construire des scénarios d'évolution, d'inventorier les actions possibles en relation avec les acteurs de terrain, puis de chiffrer celles retenues. La construction des scénarios s'appuie sur les résultats des différents modules mis en œuvre, notamment la caractérisation du milieu physique, l'identification de zones critiques ou de pratiques à risque, la mise en évidence d'incohérences d'aménagement telles que des discontinuités dans le maillage bocager. Cette première phase est

réalisée sans prendre en compte les contraintes de mise en œuvre et l'imbrication de plusieurs unités de décision et de gestion. Puis, intervient une phase de discussion pour mettre en place des actions, avec le commanditaire (moyens financiers, soutien technique, animation, calendrier souhaité...) et les agriculteurs (aménagement ou changements de pratiques...), pour retenir un contenu et un calendrier de réalisation, prenant en compte leur faisabilité. Cette étape conduit *in fine* à la réalisation de scénarios d'évolution acceptés et chiffrés.

Discussion et conclusion

Cette démarche a été testée sur le terrain pour identifier les conditions et temps de réalisation (tableau 6), recueillir l'avis des conseillers et des agriculteurs. De plus, ces tests ont permis d'illustrer la démarche et d'élaborer des trames de saisie pour réduire le temps consacré aux relevés de terrain (trame d'enquête, trame d'observation

▲ Figure 4 – Cartographie de la note nitrate sur le bassin versant de la Baie de la Fresnaye (source : G. Petit, sur fond BD Ortho-IGN).

Descriptif du module	Temps estimé	Unité de territoire concernée	Compétences requises
Module 1 : territoire, milieu, acteurs			
Information des acteurs, identification de la demande, identification des données disponibles, définition de la problématique et du contenu (choix des modules)	2 à 5 j selon la taille du territoire	Commune, groupe de communes, syndicat d'eau... Jusqu'à 50-100 km ²	Animation
Module 2 : diagnostic du milieu			
Cartographie des cours d'eau, des zones humides effectives, des bords de champ, délimitation des surfaces relatives au ruissellement et aux transferts de subsurface	200 à 1 000 ha/j par élément, selon l'accessibilité sur le terrain, les données disponibles, l'approche choisie	Commune, groupe de communes, syndicat d'eau... Jusqu'à 50-100 km ²	Pré-requis SIG, connaissances des méthodes, animation de groupe si démarche participative
Modules 3-4-5 : estimation d'une pression polluante vis-à-vis de la qualité des eaux			
Identifier les agriculteurs et leur parcellaire	½ à 1 j/commune	Sous bassin versant, commune. Jusqu'à 10 km ²	Connaissances en agronomie
Enquêtes	2 h/agriculteur		
Constitution de la base de données, calcul des pressions polluantes, restitution sous forme de cartes individuelles ou collectives	400 ha/j		Connaissances SIG
Module 6 : scénarios, préconisations			
Élaboration des scénarios, avant-projet à l'échelle du territoire	450 ha/j	Sous-bassin versant, commune. Jusqu'à 10 km ²	Connaissances SIG, agronomie, environnement
Restitution, définition d'objectifs, recensement des volontaires, rapport de synthèse	600 ha/j		

▲ Tableau 6 – Temps de réalisation des différents modules de Territ'eau.

des structures du paysage). Ils ont montré l'intérêt du travail sur SIG, pour améliorer le prétraitement des données avant la phase terrain, pour saisir et spatialiser les données en temps réel, et être ainsi plus opérationnel dans le dialogue avec les acteurs locaux, pour les rendre utilisables et accessibles pour d'autres usagers (mutualisation), enfin, garder la mémoire de l'état du territoire au moment du diagnostic et mesurer les évolutions.

Au bilan, la perception des utilisateurs potentiels de la méthode est très positive, de par le caractère fonctionnel, global et adaptatif de l'approche. Le diagnostic est explicable et expliqué, il porte sur les principaux éléments polluants des systèmes agricoles liés à l'élevage, aborde les éléments interstitiels des paysages et les parcelles, va du diagnostic à la préconisation. Il propose une démarche modulaire qui s'adapte bien aux situations très différentes de la Bretagne.

L'évaluation des temps de réalisation montre que la démarche requiert un temps à la fois trop important pour être généralisable à l'ensemble du territoire régional, mais aussi réaliste pour être mis en œuvre sur des secteurs pilotes non négligeables. Pour 10 km², l'ensemble de la démarche peut être estimé très approximativement à une quinzaine de jours. Cette durée peut être raccourcie de moitié si on se focalise sur les modules 1, 2 et 6, qui n'appréhendent pas les pressions polluantes sur le territoire. Elle dépend également des données déjà disponibles sur la zone et du type de démarche utilisée (participative ou confiée à un prestataire).

Cette démarche sera complétée dans un court terme. Les pollutions de l'eau par le carbone organique dissous qui présente actuellement des excès très préjudiciables, et par les bactéries, pourraient facilement s'intégrer dans le cadre proposé. La santé de l'écosystème aquatique en

termes d'habitat et de qualité biologique, n'est pas abordée. Cet objectif nécessiterait quant à lui un travail de réflexion à part entière.

Aujourd'hui la mise en œuvre dans des territoires bretons de taille significative est nécessaire pour :

– confirmer l'opérationnalité et la validité de la méthode, notamment sur le calcul d'une note nitrates à l'échelle du bassin versant et la confron-

tation des résultats du diagnostic aux concentrations et flux mesurés à l'exutoire ;

– affiner l'estimation du temps passé pour chaque phase de la démarche et affiner les préconisations d'aménagements à mettre en œuvre. Cette mise en œuvre opérationnelle permettra au final de faire évoluer la démarche Territ'eau de son état « juvénile » actuel à un outil opérationnel abouti. □

Remerciements

Un comité technique d'utilisateurs a apporté un avis technique et de faisabilité lors de réunions bisannuelles, des scientifiques ont été sollicités pour leur expertise, contribuant au développement de la méthode et des outils. Nous remercions ainsi : Pierre Aourousseau (Agrocampus Rennes), Ivan Bernez (Agrocampus Rennes), Bernard Clément (Université de Rennes 1), Laurence Hubert Moy (Université de Rennes 2), Ronan Caignec (Eau et Rivières de Bretagne), Michel Danais et Françoise Gueguen (Ouest Aménagement), Annie Charter, Alexandra Dufour, Christine Hubert et Benoit Ribardièrre (Chambre d'agriculture du Finistère), Erwan Lefeuvre (chargé d'étude), Jérôme Molénat (INRA), Gwendall Petit (stage), Aurélie Rio (Station de Kerlavic – Chambre d'agriculture du Finistère), Thomas Schmutz (Aubépine SARL), Hervé Squividant (Agrocampus Rennes), Pierre Baron (IDF), Wilfrid Messiez (Comité de bassin du Léguer), Gilles Pichard (CRPF¹⁵).

Ce projet a été développé dans le cadre de la Charte de développement pérenne de l'agriculture bretonne. Des fonds européens (FEDER¹⁶) ont également été mobilisés.

¹⁵. Centre régional de la propriété forestière.

¹⁶. Fonds européen de développement régional.

Résumé

Territ'eau constitue une méthode et des outils développés dans le cadre de l'Agro-transfert Bretagne à destination des ingénieurs du développement, et élaborés pour mieux prendre en compte les pratiques agricoles et l'aménagement de l'espace rural dans la gestion de la qualité des eaux superficielles. Territ'eau vise des bassins versants de quelques dizaines de km² et a été développé pour mieux fonder les diagnostics sur des résultats de recherche, favoriser une approche fonctionnelle et globale du paysage agricole et conduire à des diagnostics partagés relevant d'approches participatives. Les outils développés comprennent : 1) un référentiel technique sous forme numérique, sur les modes de transfert de l'eau et des éléments associés dans un bassin versant, les rôles fonctionnels des éléments structurant le paysage, des outils de communication, notamment des tests de terrain et des visuels pédagogiques destinés à des actions de formation ; 2) une méthode de diagnostic du territoire, modulaire et basée sur l'identification des structures à même de jouer un rôle régulateur sur la qualité des eaux (réseau hydrographique fonctionnel, zones humides, bords de champs), la délimitation des surfaces sensibles vis-à-vis de trois familles de polluants des eaux, l'azote, le phosphore et les pesticides, enfin la caractérisation des pressions polluantes par des grilles expertes développées dans le contexte de l'étude. L'élaboration de Territ'eau a été suivie par un comité d'utilisateurs provenant de structures publiques, privées et associatives. Si la trame de l'outil a une vocation générale, les schémas de fonctionnement du bassin versant et les grilles expert ont été développés dans le contexte environnemental et agricole de la Bretagne, c'est-à-dire pour des systèmes hydrologiques à nappes superficielles topo-dépendantes, des systèmes agricoles liés à l'élevage et des mosaïques paysagères relativement morcelées.

Abstract

Territ'eau is a framework and tools for the engineers involved in the rural development to allow them to take into account agricultural practices, landuse and landscape management of the rural areas in a water quality perspective. It is adapted for few km² catchment sizes. It aims to pass from results of research to operational and scientifically based tools usable to provide a functional and comprehensive assessment of agricultural catchment, and so, to increase participative approaches based on a common understanding of them. These tools consist in : 1) capacity building tools, such as an internet website that explains how water and pollutants are transferred in agricultural catchments, the role of the landscape structures that may act as a buffer facing to the water quality issue, pedagogic drawings to visualize them in the office and test them in the field ; 2) a modular framework to assess the active areas, the corresponding pollutant pressures based on expert rules for three types of pollutants, nitrates, phosphorus and herbicides. Territ'eau has the objective to fill the gap between research and development. Scientists are largely involved in this policy at different levels. It was performed in operation associates, in various committees, various partners of the development and potential users. The development this framework and tools devoted to the knowledge transfer in the environmental field, associate farmer organisations and research institutes. The framework is generic but the expert rules are specifically developed for the physical and the agronomic environment of Western France, i.e., for catchment with topographically dependent shallow groundwater, dominant agriculture based on animal breeding, landscape composed of rather small plots.

Bibliographie

- ALARD, V., BERANGER, C., JOURNET, M., 2002, *À la recherche d'une agriculture durable. Étude de systèmes herbagers économes en Bretagne*, 338 p.
- AUBERTOT, J.-N., BARBIER, J.-M., CARPENTIER, A., GRIL, J.-J., GUICHARD, L., LUCAS, P., SAVARY, S., SAVINI, I., VOLTZ, M., 2005, *Pesticide, Agriculture et Environnement, Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux*, 68 p.
- AUGEARD, P., PEYRAUD, J.-L., JESTIN, P., MEROT, P., BLONDEL, R., GASCUEL-ODOUX, C., MASSA, F., 2005, L'Agro Transfert en Bretagne : du savoir au savoir-faire pour le développement d'une agriculture durable en Bretagne, in : *CR des journées 3R 2005*.
- AUROUSSEAU, P., GASCUEL-ODOUX, C., SQUIVIDANT, H., 1998, Éléments pour une méthode d'évaluation d'un risque parcellaire de contamination des eaux superficielles par les pesticides : application au cas de la contamination par les herbicides utilisés sur culture de maïs sur des bassins versants armoricains, *Étude et Gestion des Sols*, n° 5, p. 143-156.
- BLONDEL, R., CHAUVIN, M., CROS-CAYOT, S., HOUBEN, V., PLET, P., 1997, *Élaboration des programmes d'action de la directive nitrates en Bretagne – volume 4 : La gestion de l'azote par système d'exploitation*, Chambre régionale d'agriculture de Bretagne.
- BAUDRY, J., 1997, Buffer zones and farming systems, in : HAYCOCK, N., BURT, T.-P., GOULDING, K.W.T., PINAY, G. (Eds.), *Buffer Zones : Their Processes and Potential in Water Protection. Quest. Environmental*, p. 275-282.
- CAUBEL-FORGET, V., GRIMALDI, C., MEROT, P ; GRIMALDI, M., 2003, Influence of hedge surrounding bottomland on seasonal soil water movement, *Hydrological Processes*, n° 17, p. 1811-1821.
- CABARET, M.-M., LE GALL, A., 2001, *Mise au point de systèmes laitiers productifs et respectueux de l'environnement – Compte-rendu de l'expérimentation conduite à la station de Crécom de 1995 à 1998*, Institut de l'élevage, Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor.
- CESB, 2005, *Pour la compréhension des bassins versants et le suivi de la qualité de l'eau. Fiches techniques et scientifiques*, Conseil régional de Bretagne, 188 p.
- CLARK, M.-J., 1998, Putting water in its place : a perspective in GIS in hydrology and water management, *Hydrological Processes*, n° 12, p. 823-834.
- COMIFER, 1996, *Calcul de la fertilisation azotée des cultures annuelles – Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales*, 59 p.
- CORPEN, 1999, *Désherbage – Éléments de raisonnement pour une maîtrise des adventices limitant les risques de pollution des eaux par les produits phytosanitaires*, 161 p.
- CORPEN, 2001, *Diagnostic de la pollution des eaux par les produits phytosanitaires – Bases pour l'établissement de cahiers des charges des diagnostics de bassins versants et d'exploitations*, 34 p.
- CORPEN, 2003, *Diagnostic régional de la contamination des eaux liée à l'utilisation des produits phytosanitaires : éléments méthodologiques – Utilisation des Systèmes de traitement de l'Information Géographiques (SIG)*, 84 p.
- DEVILLERS, J ; FARRET, R., GIRARDIN, P., RIVIERE, J.-L., SOULAS, G., 2005, *Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides*, Lavoisier Tec & Doc, Paris.
- DURAND, P., GASCUEL-ODOUX, C., KAO, C., MEROT, P., 2000, Une typologie hydrologique des petites zones humides ripariennes, *Étude et gestion des sols*, n° 7, p. 207-208.
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 2005, *Environmental indicator, definition*, http://glossary.eea.eu.int/EEAGlossary/E/environmental_indicator

GBUREK, W.-J., SHARPLEY, A.-N., HEATHWAITE, A.-L., FOLMAR, G.-J., 2000, Phosphorus management at the watershed scale : A modification of the phosphorus index, *Journal of Environmental Quality*, n° 29, p. 130-144.

HEATHWAITE, L.-A., SHARPLEY, A.-N., BECHMANN, M., 2003, The conceptual basis for a decision support framework to assess the risk of phosphorus loss at the field scale across Europe, *Journal Plant Nutrition and Soil Science*, n° 166, p. 447-458.

LANQUETUIT, D., SEBILLOTTE, M., 1997, *Protection de l'eau, Le guide Ferti-Mieux pour évaluer les modifications de pratiques des agriculteurs*, ANDA, Paris.

LAUBIER, F., 2001, La méthode de diagnostic parcellaire du risque de contamination des eaux superficielles par les produits phytosanitaires en Bretagne : fondements et mise en œuvre, *Ingénieries-EAT*, n° 31, p. 91-98.

LAURENT, F., KERVEILLANT, P., BESNARD, A., 2003, *Effet de la destruction de prairies pâturées sur la minéralisation de l'azote : approche au champ et propositions de quantification*, ARVALIS, EDE et chambres d'agriculture de Bretagne.

LEMUNYON, J.-L., GILBERT, R.-G., 1993, The concept and need for a phosphorus assessment tool, *Journal of Production and Agriculture*, n° 6, p. 483-424.

LEVITAN, L., MERWIN, I., KOVACH, J., 1995, Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides : the quest for a holistic method, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 55, p. 153-168.

MARSHALL, E.-P.-J., MOONEN, A.-C., 2002, Fields margin in northern Europe : their function and interactions with agriculture, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 89, p. 5-21.

MEROT, P., HUBERT-MOY, L., GASCUEL-ODOUX, C., CLÉMENT, B., DURAND, P., BAUDRY, J., THENAIL, C., 2006, A method for improving the management of controversial wetland, *Environmental Management*, n° 37, p. 258-270.

MEROT, P., SQUIVIDANT, H., AUROUSSEAU, P., HEFTING, M., BURT, T., MAITRE, V., KRUK, M., BUTTURINI, A., THENAIL, C., VIAUD, V., 2003, Testing a climato-topographic index for predicting wetlands distribution along an European climate gradient, *Ecological Modelling*, n° 163, p. 51-71.

MEROT, P., 2006, *Qualité de l'eau en milieu rural : Savoirs et pratiques dans les bassins versants*, Quae Édition, INRA, Versailles.

MESSIEZ-POCHE, W., 2003, *Connaissances du réseau hydrographique, méthode d'inventaire et de cartographie du réseau et des zones humides liées au sein d'un bassin versant*, 11 p.

RAO, M.-N., WAITS, D.-A., NEILSEN, M.-L., 2000, A GIS-based modeling approach for implementation of sustainable farm management practices, *Environmental modelling & software*, n° 15, p. 745-753.

THENAIL, C., CODET, C., 2003, *Systèmes techniques de gestion des bordures de champs en exploitation agricole, et intégration des haies nouvelles*, Extrait du rapport final du projet « Bocagement, reconstitution et protection du bocage. Évaluation des politiques publiques de paysagement du territoire », coord. H. LAMARCHE, CNRS, INRA, ministère de l'Écologie et du Développement durable.

TORTRAT, F., AUROUSSEAU, P., SQUIVIDANT, H., GASCUEL-ODOUX, C., CORDIER, M.-O., 2004, Modèle Numérique d'Altitude (MNA) et spatialisation des transferts de surface : utilisation de structures d'arbres reliant les exutoires de parcelles et leurs surfaces contributives, *Bulletin SFPT*, n° 172, p. 128-136.

VIAUD, V., MEROT, P., BAUDRY, J., 2004, Hydrochemical buffer assessment in agricultural landscape : from local to catchment scale, *Environmental management*, n° 34, p. 559-573.