

Un indicateur des risques de pollution azotée nommé "Bascule" (Balance Azotée Spatialisée des systèmes de CULTure de l'Exploitation)

M. Benoît

Les pratiques agricoles se trouvent au centre d'un faisceau d'interrogations brûlantes :

— de la part des agriculteurs : faut-il modifier les pratiques et, si oui, comment, dans le cadre de la future Politique Agricole Communautaire ?

— de la part des gestionnaires des ressources en eau : quelles pratiques agricoles permettent d'obtenir la qualité d'eau recherchée ?

— et enfin, de la part des agronomes : comment modéliser leur complexe cohérence au sein des exploitations et leurs efficacités ?

En tant qu'agronomes, notre responsabilité n'est pas seulement de pouvoir dire : "telles pratiques combinées à tels milieux ont tels effets et conséquences", mais aussi de fournir aux acteurs des modèles d'aide au choix et au pilotage de ces pratiques (GRAS et al., 1989).

MOTS CLÉS

Azote, bilan d'azote, fertilisation, nitrate, pollution de l'eau, pratiques d'exploitation des prairies, système de culture.

KEY-WORDS

Crop system, fertilization, nitrate, nitrogen, nitrogen balance, pasture management practices, water pollution.

AUTEUR

I.N.R.A., S.A.D. (Systèmes Agraires et Développement), Unité Versailles-Dijon-Mirecourt, Station de Mirecourt, F-88500 Mirecourt.

Sachant le nombre de travaux qui ont prouvé les liens entre pratiques agricoles et qualité des eaux issues de ces zones (à titre d'exemples : CHRETIEN, CONCARET, MERE, 1974 ; LOISEAU et al., 1990 ; SHERWOOD, 1990 ; MACHET, MARY, 1990), nous pouvons affirmer que les pratiques agricoles sont responsables de la qualité des eaux issues des systèmes agraires considérés. Cette responsabilité peut dans certains cas être partagée avec d'autres acteurs.

Ainsi, en partant du principe que les agriculteurs sont aussi co-producteurs de la qualité de l'eau, il s'agit de leur donner les moyens, non seulement de connaître les effets de leurs pratiques, mais aussi de les piloter dans ce but : ceci est l'objectif de l'indicateur proposé.

Etablir la diversité régionale des conduites de parcelles. Exemple d'une typologie des conduites de prairies

• Exemples lorrains

La mise en œuvre des techniques agricoles dans le territoire des exploitations lorraines de polyculture-élevage crée de fortes diversités à plusieurs niveaux : au sein de l'exploitation, au sein d'un terroir alimentant une ressource en eau, au sein d'une petite région agricole.

Monoculture de maïs-ensilage avec apports de fumier frais tous les hivers, trois années de luzerne suivies de trois céréales d'hiver, parc à génisses rarement fertilisé... voici un court inventaire "à la Prévert" reflétant la diversité des systèmes de culture dont nous devons rendre compte.

• Les concepts de lecture des pratiques agricoles de l'agronome : système de culture, chantier, fonction productive

L'effet induit par les systèmes de culture sur les prairies porte sur le sol (reliquats d'azote minéral, propriétés du sol en matière d'organisation et minéralisation de l'azote) et le peuplement végétal pérenne (composition et structure du peuplement). Les risques de pollution résultent de ces modifications du milieu autant que des effets directs des techniques.

Trois sens de lectures principaux sont utilisés par les agronomes :

— comprendre les effets des pratiques sur les productions obtenues et leurs conséquences sur le milieu modifié (le sol et le peuplement végétal) ; ce point est éclairé par les agronomes quand ils relient les pratiques à leurs conséquences sur les ressources en eau en étudiant le système de culture (SEBILLOTTE, 1985) ;

— comprendre la mise en œuvre des pratiques et l'utilisation de la main-d'œuvre lors du déroulement des opérations techniques en étudiant le chantier (PIEL-DESRUISSEAUX, 1948) ;

— comprendre les grandes organisations de pratiques et leur rôle au sein du fonctionnement de l'exploitation en abordant la fonction productive (BENOIT, 1985), le système fourrager (DURU, GIBON, OSTY, 1988 ; JEANNIN, CRISTOFINI, 1990), le système d'élevage (LANDAIS, 1987).

Quelques exemples de ces trois lectures des pratiques agricoles :

— les parcs à vaches laitières pâturés d'avril à octobre, les prés ensilés puis pâturés par les génisses de l'année, la monoculture de maïs avec apports massifs de fumier frais en hiver,

— récolter les maïs-ensilage, semer les céréales d'hiver, ensiler les prairies permanentes,

— assurer l'alimentation estivale des vaches laitières, éliminer les déjections animales.

Pour illustrer ces concepts, partons d'une exploitation dont les pratiques sont représentées sur le planning "territoire-temps" (figure 1). Les prairies permanentes de cette exploitation sont conduites selon quatre systèmes de culture prairiaux :

Récoltes	apports d'engrais (unités N-P-K/ha/an)
- pâturage intensif, en surface de base, par les vaches laitières	200-100-160
- foin précoce et pâturage en surface additionnelle par les vaches laitières	100-100-100
- foin puis regain puis pâturage automnal par les vaches laitières	50-60-60
- pâturage extensif, en surface de base, par les génisses	50-60-60

La fertilisation, qu'elle soit minérale ou organique, fait partie d'un tout : elle est une composante de l'itinéraire technique (SEBILLOTTE, 1978), se raisonne comme une des techniques permettant d'atteindre un objectif de production et peut être envisagée comme un des facteurs de l'enrichissement des ressources aquatiques en nitrates. En plus de l'eau, la modification du sol et des peuplements pérennes à long terme dépendent des conduites subies par les prairies.

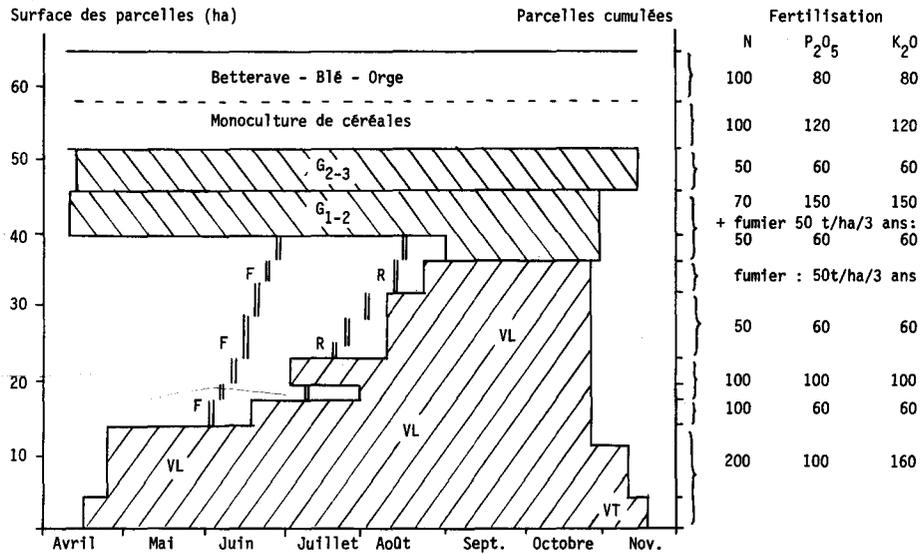


FIGURE 1 : **Planning annuel d'exploitation des surfaces nécessaire pour la lecture des pratiques agricoles d'une exploitation** (fertilisation : en unités/ha/an, F : fenaison, G : pâturage par les génisses (1-2 : de 1 à 2 ans, 2-3 : de 2 à 3 ans), R : regain, VL : pâturage par les vaches laitières).

FIGURE 1 : **Yearly planning of farm areas required for a reading of the farm practices** (fertilization : units/ha/year ; F : mowing for hay ; G : grazing by heifers (1-2 : aged 1-2 years, 2-3 : aged 2-3 years) ; R : aftermath ; VL : grazing by dairy cows).

• Proposition d'une image de la diversité des systèmes de culture prairiaux : une typologie des conduites des prairies lorraines

A partir d'enquêtes et de suivis en exploitations agricoles (CHAPRON, CHENOUEAU, 1986 ; BENOIT, 1985), nous pouvons cerner une diversité de conduite des prairies. Ces enquêtes s'appuient sur deux ensembles de données : la nature des opérations techniques et leurs dates de réalisation.

Un traitement graphique des données (BERTIN, 1973) permet d'identifier vingt types de conduites différentes. La précision temporelle est de deux semaines. Cette relative grossièreté est due à la méthode d'obtention des données : l'enquête basée sur la mémoire des agriculteurs. Mémoire d'autant plus difficile à caler que ces événements ne sont que rarement l'objet de notations : peu de factures sont liées à ces pratiques, peu d'autres acteurs les notent systématiquement.

Le tableau descriptif des types de conduite des prairies est donné dans la figure 2. Il est à noter que les types ont été classés par ordre d'importance décroissante.

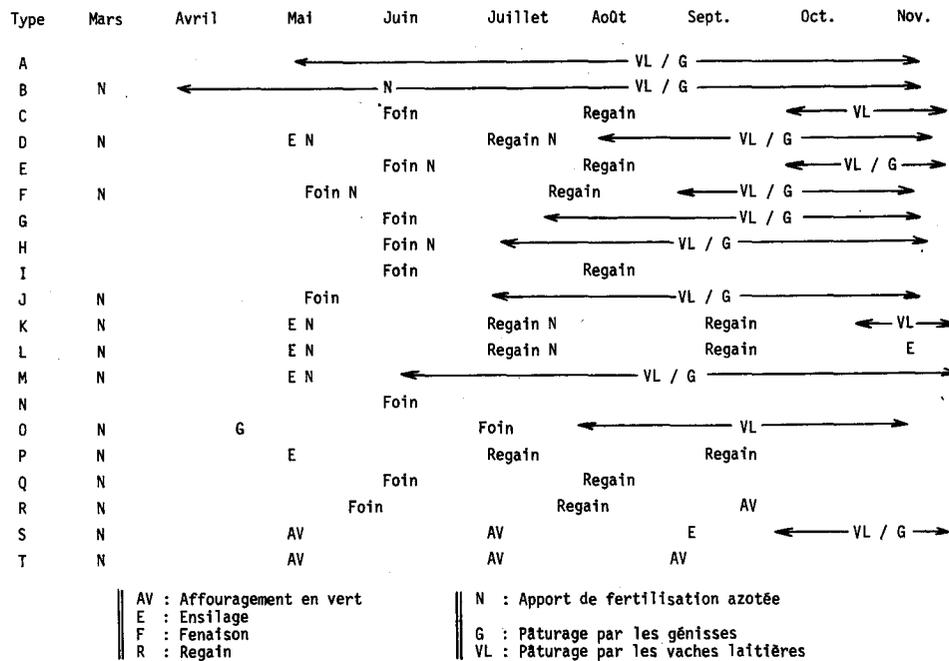


FIGURE 2 : Les types de conduite de prairies observées en Lorraine méridionale (classés par ordre décroissant de surface).

FIGURE 2 : Types of pasture managements in Southern Lorraine (in decreasing order of area).

Nous proposons l'utilisation de cette typologie pour suivre l'évolution des systèmes de culture prairiaux, suite à l'apparition des quotas laitiers dans deux exploitations essentiellement productrices de lait.

L'exploitation A (figure 3) traduit une considérable simplification dans les types de conduite de prairies, nous passons de 7 à 3 types. Cette simplification a été menée parallèlement à une intensification de la conduite des prairies, intensification se traduisant par une augmentation de la fertilisation azotée. L'exploitation B a maintenu la diversité des conduites des prairies (de 8 à 9 types). Ce maintien de la diversité s'est accompagné d'une diminution de l'utilisation des engrais azotés.

Au niveau des petites régions agricoles, la typologie des conduites des prairies permet d'instruire le degré de ressemblance entre elles. A titre d'exemple, la comparaison entre les prairies de la Vôge et celles du Plateau lorrain est fournie dans les histogrammes de la figure 4.

La connaissance de cette diversité de conduite des parcelles est un préalable à l'établissement d'un indicateur de "l'agressivité" des pratiques agricoles. Nous aborderons maintenant l'exposé des principes puis deux exemples d'utilisation de la BASCULE.

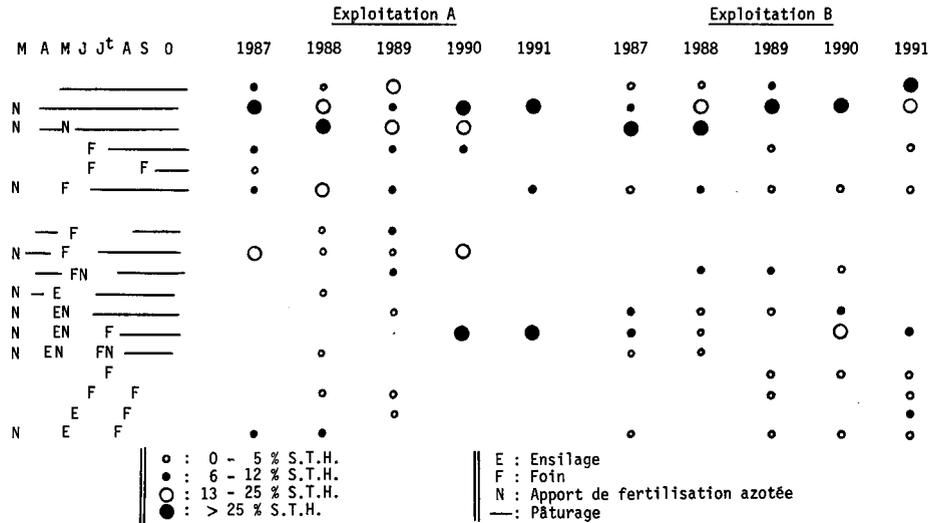


FIGURE 3 : Evolution des conduites des surfaces en herbe pour 2 exploitations lorraines.

FIGURE 3 : Evolution of pasture management in 2 Lorraine farms.

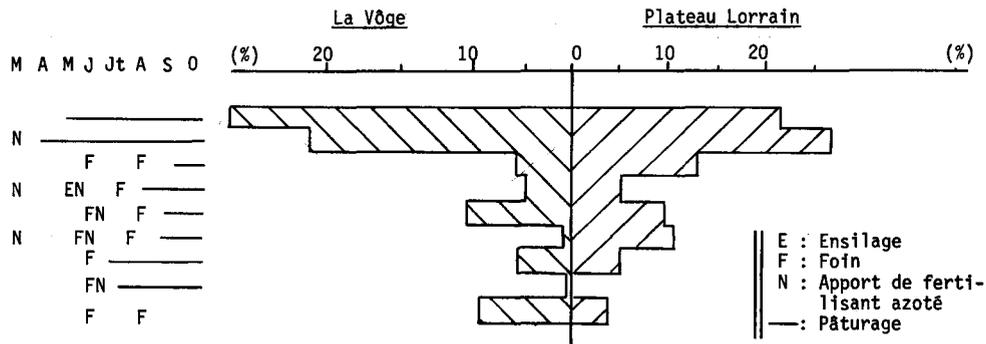


FIGURE 4 : Histogramme des types de prairies permanentes selon leurs itinéraires techniques (présentés colonne de gauche) dans deux régions lorraines : diversité intra- et inter-régionale.

FIGURE 4 : Histogramme of types of permanent pastures arranged according to the evolution of their management (shown on left-hand column) in two regions of Lorraine : diversity within and between regions.

La Balance Azotée Spatialisée des systèmes de CULTure de l'Exploitation

1. Principes de calcul

• Intérêt d'un indicateur pour agir

Le problème abordé est de permettre aux pilotes des pratiques agricoles, les agriculteurs, d'évaluer l'impact de leurs pratiques sur les pertes en nitrate vers les eaux souterraines. Il s'agit donc, dans un but d'efficacité, de livrer une méthode utilisable par tout agriculteur connaissant les pratiques agricoles qu'il met en œuvre sur le territoire de son exploitation. Par conséquent, nous cherchons à construire un indicateur utilisant ces informations sans mesures in-situ complémentaires.

• Les hypothèses de calcul

Nous avons choisi la dénomination de "balance azotée" dans un but précis : ne pouvant pas "boucler" les différents postes azotés dans la construction d'un indicateur opérationnel, nous ne pouvons donc pas calculer de "bilan" mais nous cherchons à évaluer si les entrées azotées dans les systèmes de culture (engrais minéraux ou organiques) sont supérieures ou inférieures aux sorties (récoltes mécaniques ou par pâturage). Nous raisonnons comme dans les comptes de la nation quand il s'agit de savoir si les exportations compensent les importations.

Si cette balance s'avère positive, cela indiquera que le système de culture "s'enrichit" en azote. Ce gain peut se traduire de deux façons : soit il est perdu vers les ressources en eau (ou en air, par volatilisation, mais dans tous les cas il y a agression), soit il est conservé dans le sol et augmente le stock des matières minéralisables mais crée un risque supplémentaire lors d'une période climatique favorable à la minéralisation. Dans tous les cas, une balance positive se traduit par un risque accru, à terme non connu, risque traduisant "l'agressivité" d'un système de culture. L'agressivité d'un système de culture vis-à-vis de la ressource en eau est définie comme un potentiel en nitrates lixiviables qu'il fournit. Ce potentiel n'est pas toujours exprimé, en particulier pour des raisons climatiques (pluviométries faibles induisant peu d'entrées dans les nappes). Il résulte souvent d'une inadéquation des pratiques agricoles entre un rendement atteint, donc des exportations réalisées, et des apports de fertilisants, organiques et minéraux, trop importants. Si cette balance s'avère négative, cela indiquera une diminution du risque que ce système de culture fait courir au milieu.

La volonté de spatialiser cet indicateur tient au fait que les phénomènes de pollution ont souvent une origine localisable. Ce constat se traduit à la fois dans les concepts de l'hydrogéologie et dans les juridictions. En effet, les hydrogéologues travaillent sur des entités spatialisées que sont les bassins d'alimentation d'une res-

source en eau. Les juridictions, qu'elles soient françaises, allemandes, ou européennes, définissent les périmètres de protection des ressources en eau. Cependant, ce n'est pas parce que ces notions hydrogéologiques et juridiques ne se superposent pas toujours spatialement qu'il ne faut pas en tenir compte. Nul "n'étant censé ignorer la loi", les agronomes et les agriculteurs doivent se donner les moyens d'en tenir compte. Ils doivent surtout pouvoir s'adapter à des changements de ce cadre spatial incontournable que constitue l'espace (socialement reconnu) alimentant telle ressource en eau.

La dimension spatiale de cet indicateur doit permettre de raisonner : des diversités intra-exploitation dans la conduite et l'agressivité des peuplements végétaux, et de la combinaison de ces conduites et agressivités des portions d'exploitations qui forment un bassin d'alimentation. En effet, il est exceptionnel qu'il y ait superposition du territoire d'une exploitation et du bassin d'alimentation d'une ressource en eau. Ce qui nous impose non seulement de créer des indicateurs agronomiques tenant compte de ce fait incontournable, mais aussi de nous doter de moyens de traitement des données permettant de prendre en compte la dimension spatiale des deux espaces à mettre en accord : les parcelles des exploitations agricoles et les bassins d'alimentation des ressources en eau (BENOIT, GAURY, GRAS, 1990 ; GAURY, 1991).

2. Les étapes du calcul

Deux grandes étapes peuvent être dégagées :

— celle de l'établissement par exploitation de l'état des pratiques et de la démarche de calcul,

— celle de l'élaboration des normes affectées à chaque entité physique, par exemple : une tonne de fumier frais de bovins vaut x unités d'azote.

Nous n'envisagerons que la première étape, tout en travaillant en parallèle sur la deuxième à l'Unité expérimentale de la Station S.A.D. de Mirecourt. Nous utiliserons sur ce point dans cet article les références largement diffusées par le C.O.R.P.E.N. (1988).

La proposition de calcul de la BASCULE s'articule autour de 8 étapes :

— 1 : Relevé des pratiques agricoles dans toutes les parcelles de l'exploitation, en précisant au mieux : les apports d'engrais minéraux et organiques (fumiers, lisiers, purins, composts), et les récoltes (paille, grains, plantes entières, tubercules, racines) que ces produits "sortis" de la parcelle le soient par pâturage ou par des moyens mécaniques.

— 2 : Calcul par parcelle de la balance annuelle (Apports – Récoltes) en multipliant chacune des quantités physique par sa concentration en azote donnée par les tables.

— 3 : Calcul de la valeur moyenne sur quelques années de ces valeurs annuelles de balance parcellaire, pour tenir compte des successions culturales mises en œuvre (exemple : apport important de fumier avant un maïs suivi d'un blé et d'une orge). Cette moyenne, calculée après la connaissance des valeurs annuelles, permet de détecter les parcelles dont la balance reste positive à moyen terme. Ces parcelles seront les premières à bénéficier d'une réflexion de la part de l'agriculteur.

— 4 : Cartographie des parcelles de l'exploitation ; pour établir cette carte du territoire de l'exploitation, si elle n'existe pas déjà, nous proposons de travailler sur fond de photographies aériennes IGN agrandies au 1/10 000^e (BENOIT, 1985).

— 5 : Cartographie du bassin d'alimentation de la ressource en eau concernée par le projet de protection agronomique.

— 6 : A partir des étapes 4 et 5, spatialisation des systèmes de culture dont les parcelles sont situées sur le bassin d'alimentation.

— 7 : Calcul de la balance azotée spatialisée (BASCULE) de l'ensemble des parcelles situées sur le bassin d'alimentation : addition des balances positives des parcelles repérées lors de l'étape 6. Nous ne prenons en compte que les parcelles à balance positives car, même en retenant l'hypothèse optimiste que les parcelles à balance négative produisent de l'eau de bonne qualité, elle ne produisent malheureusement pas "d'anti-nitrate". Dans la construction d'un indicateur d'agressivité des systèmes de culture, nous ne pouvons pas soustraire les balances négatives. Nous proposons dans une première approximation de ne pas en tenir compte dans le calcul de la balance, même si nous sommes conscient de minorer ainsi leur agressivité car de telles conduites aboutissent toujours à des pertes en nitrate, souvent faibles il est vrai.

— 8 : Si nous désirons calculer une balance globale au niveau de l'exploitation, nous procédons de même en additionnant les balances azotées positives de l'ensemble des parcelles de l'exploitation et en négligeant l'effet des parcelles dont les balances azotées sont négatives.

3. Exemple de calcul dans une exploitation lorraine

Le plan parcellaire présenté figure 5 indique la localisation des parcelles et leur position par rapport au périmètre d'alimentation de la ressource en eau concernée. Sur ce plan sont précisés les types de systèmes de culture de cette exploitation.

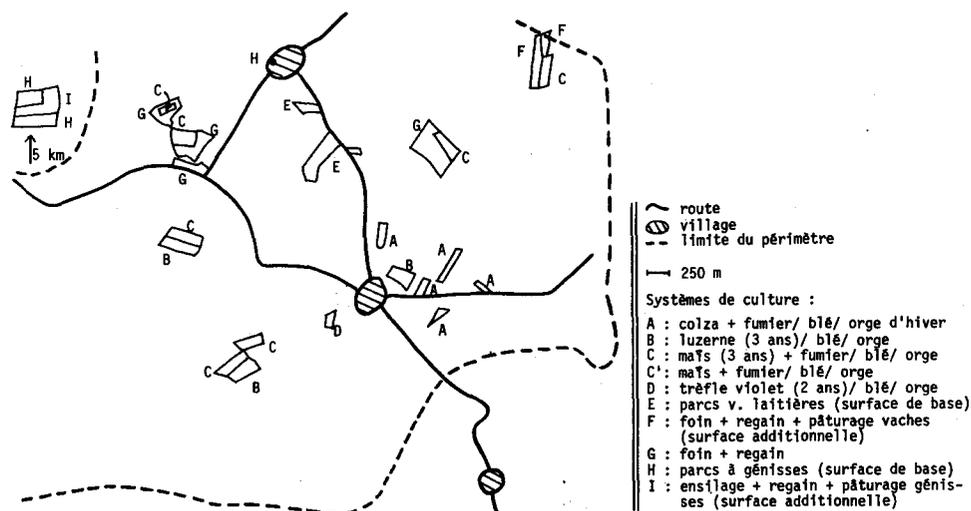


FIGURE 5 : Plan parcellaire de l'exploitation servant d'exemple (Plateau Lorrain) : localisation des systèmes de culture.

FIGURE 5 : Example of a farm plot map (Plateau of Lorraine) : localization of the crop systems.

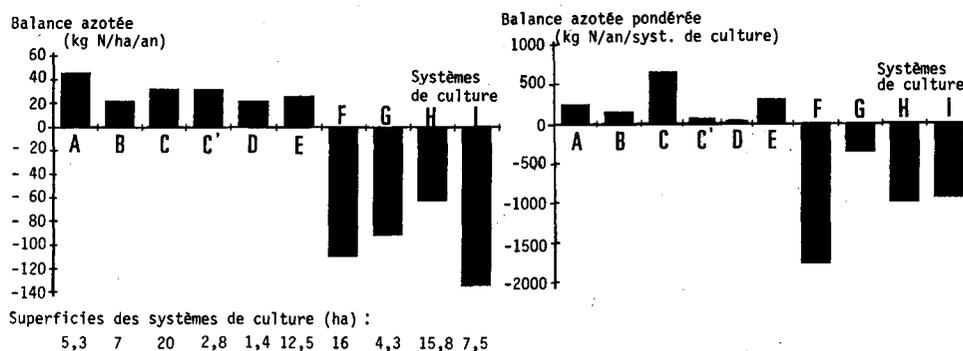


FIGURE 6 : Dans l'exploitation servant d'exemple : a) balance azotée rapportée à l'unité de surface des systèmes de culture (kg N/ha/an) et superficies correspondantes, b) balance azotée pondérée par système de culture (kg N/système de culture/an). Les lettres renvoient aux systèmes décrits figure 5.

FIGURE 6 : In the example given : a) nitrogen balance of crop systems per unit area (kg N/ha/year) and corresponding areas, b) weighted nitrogen balance per crop system (kg N per crop system per year). The letters correspond to the systems described in figure 5.

La figure 6a représente les balances azotées par hectare pour chacun des systèmes de culture de cette exploitation. Le calcul a porté sur une moyenne des balan-

ces sur trois ans pour chaque succession. Sur cette même figure 6a sont également mentionnées les surfaces des systèmes de culture présents dans le bassin d'alimentation.

La figure 6b est le produit des balances par hectare par la surface des systèmes de culture concernés. Les valeurs positives de ces balances sont additionnées (celles des six premières colonnes) pour obtenir, dans cette exploitation, la BASCULE des systèmes de culture concernés par le périmètre de protection agronomique de la ressource en eau.

4. Exemple de calcul dans un bassin d'alimentation

En retenant les mêmes principes, mais en s'intéressant cette fois à l'entité "bassin d'alimentation", nous pouvons calculer la BASCULE d'un bassin. Pour ce faire, il nous faut disposer des informations concernant toutes les parcelles de ce bassin. Nous rencontrons alors fréquemment deux problèmes :

— celui de l'exhaustivité spatiale : en effet, pour ce point, nous envisageons fréquemment le territoire de dizaines d'exploitations plus ou moins concernées... et pour lesquelles le degré de fiabilité d'une enquête sera variable ;

— celui des parcelles "à cheval" sur la limite du bassin d'alimentation.

Dans l'exemple présent, il s'agit d'un bassin d'alimentation de 620 ha dont 586 ont pu être pris en compte. Sur les 324 parcelles connues, 32 se trouvent "à cheval" sur la limite désignée pour le bassin. Ces 324 parcelles culturales se regroupent en 55 systèmes de culture pour les 5 exploitations enquêtées. Ces 5 exploitations exploitent par ailleurs 202 ha hors du bassin.

La figure 7a illustre la diversité des balances azotées par hectare pour les systèmes de culture présents dans le bassin pour les cinq exploitations ; les surfaces des systèmes de culture situés dans le périmètre du bassin d'alimentation sont également précisées sur cette figure. Les balances azotées par systèmes de culture localisés dans le périmètre du bassin d'alimentation sont présentées figure 7b. L'indicateur nous révèle deux points centraux :

— l'essentiel des excès des balances azotées sur ce périmètre est dû à 3 systèmes de culture parmi les 55. Focaliser les efforts pour comprendre comment changer ces trois systèmes de culture devrait permettre de résoudre potentiellement 76% des excès en n'intervenant que dans trois exploitations sur les cinq enquêtées ;

— en ce qui concerne la qualité des ressources en eau souterraines, les exploitations ont des responsabilités très diverses : en effet, certaines ont des spectres de balances quasi généralement excédentaires (exploitation n°2), d'autres ayant des spectres beaucoup plus larges (exploitations n°3,4,5).

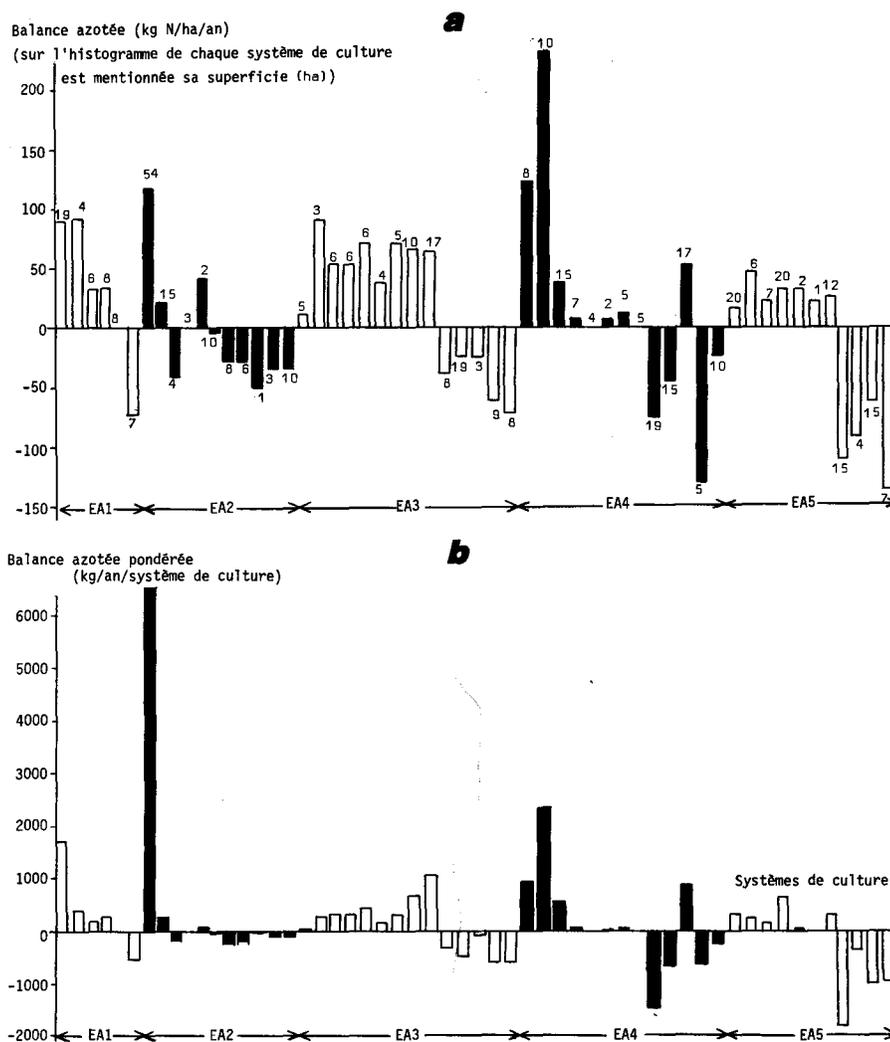


FIGURE 7 : Dans 5 exploitations (EA1 à EA5) du bassin d'alimentation servant d'exemple : a) balance azotée à l'unité de surface des systèmes de culture (kg N/ha/an) et superficies correspondantes, b) balance azotée pondérée par système de culture (kg N/système de culture/an). Les systèmes de culture sont agrégés par groupes d'appartenance à une même exploitation.

FIGURE 7 : In the examples of 5 farms (EA1 to EA5) of the water catchment area : a) nitrogen balance of crop systems per unit area (kg N/ha/year) and corresponding areas, b) weighted nitrogen balance per crop system (kg N per crop system per year). The grouping of the crop systems follows their belonging to any one of the 5 farms.

Discussion

Un complément nécessaire à cet indicateur est de déterminer la liaison entre le niveau de la "BASCULE" et le risque de lixiviation de l'azote (LOISEAU et al., 1992). Dans ce but, il serait intéressant de pouvoir reprendre les données issues de lysimètres ou de sites à bougies poreuses, en en calculant la balance azotée.

• Le danger des soustractions invisibles dans les bilans

La confection de bilans à l'échelle de l'exploitation en comptabilisant les entrées et les sorties aboutit, quand nous abordons les "cellules" où s'élabore la qualité de l'eau, à sommer directement les résultats des bilans de toutes les parcelles de l'exploitation. Or, si la distorsion peut être faible en cas de forte homogénéité des bilans parcellaires, le bilan des entrées et sorties au niveau de l'exploitation sous-estime l'importance de l'agressivité de cette exploitation dans les situations où les bilans parcellaires sont hétérogènes.

La comparaison entre la proposition méthodologique du C.O.R.P.E.N. (1988) et la nôtre montre des différences croissantes quand l'hétérogénéité des bilans par systèmes de culture croît. En particulier, le bilan C.O.R.P.E.N. et la BASCULE donnent des résultats très différents dans les situations où une part importante de l'exploitation agricole a un bilan négatif. Si la BASCULE sous-estime l'agressivité en négligeant les parcelles dont le bilan des entrées et sorties est négatif, le bilan C.O.R.P.E.N. allège les bilans d'exploitation en soustrayant des bilans positifs de certaines parcelles, les bilans négatifs des autres parcelles. Pour être plus explicite, le mode opératoire retenu dans les bilans globaux d'exploitation revient à "inventer des anti-nitrates" qui sont soustraits dans les bilans.

• Les agronomes doivent travailler sur les mêmes entités que les gestionnaires des ressources en eau

La confrontation récente avec des gestionnaires de ressources en eau (Agence de l'Eau Rhin-Meuse et Société Générale des Eaux Minérales de Vittel) nous ont conduits à créer des méthodes opérationnelles pour diagnostiquer le niveau actuel d'agressivité des pratiques agricoles et évaluer les conséquences de divers changements de pratiques (DEFFONTAINES, 1990). Or, l'entité centrale pour les gestionnaires des ressources en eau est le bassin d'alimentation. Dans la quasi-totalité des situations, il n'y a pas superposition spatiale entre le territoire d'une exploitation et le bassin d'alimentation considéré. Pour les agronomes qui se préoccupent des ressources en eau élaborées sous le territoire agricole, il est d'une impérieuse nécessité de travailler à la concordance spatiale des bassins d'alimentation et des parcelles où sont mises en œuvre les pratiques (GAURY, 1991).

La méthode proposée permet de calculer l'agressivité des pratiques agricoles mises en œuvre dans un bassin d'alimentation en ne prenant en compte que les parcelles situées sur cette zone. Ainsi, sur le site de Vicherey-Beuvezin (en limite des départements de la Meurthe-et-Moselle et des Vosges), le calcul de la BASCULE sur le plateau qui crée la ressource en eau est positif, de l'ordre de 121 kg N/ha, alors que le bilan moyen des exploitations (méthode C.O.R.P.E.N.) ayant des parcelles sur le plateau calcaire karstifié, sur les pentes et la plaine argileuse n'est que de 17 kg N/ha.

Conclusion

Le renouvellement des ressources en eau étant un phénomène diffus et localisé, les agronomes et les agriculteurs se doivent de porter des diagnostics sur les bassins d'alimentation de ces ressources. L'indicateur proposé permet de travailler aux deux niveaux centraux de l'interface agriculture-eau : l'exploitation agricole et le bassin d'alimentation.

L'indicateur "BASCULE" proposé est calculable par tout agriculteur et conseiller agricole à condition de connaître d'une part les pratiques mises en œuvre, et d'autre part les valeurs azotées des produits apportés et des récoltes. Pour le deuxième point, nous avons opéré en utilisant les tables du C.O.R.P.E.N. (1988), mais d'autres corpus de normes sont disponibles. Les données les moins fiables et les plus variables, donc celles où les recherches de références sont les plus nécessaires, concernent les déjections animales. En effet, la mémorisation des apports réalisés et la connaissance des quantités apportées sont souvent très insuffisantes ; or, il s'agit de matières épandues par dizaines de tonnes à l'hectare représentant des dizaines, voire des centaines d'unités d'azote à l'hectare.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.,
"Maîtrise de la fertilisation et protection de l'environnement",
les 25 et 26 mars 1991.

Remerciements

Merci aux agriculteurs des plateaux de Vittel et de Vicherey-Beuvezin qui nous ont accueillis pour les enquêtes et qui ont permis de faire progresser cette réflexion par des discussions souvent animées... et donc riches, depuis 1988 ; aux chercheurs de l'équipe AGREV, plus particulièrement à Franck GAURY et Brigitte DECLERCQ de la Station S.A.D. de Mirecourt ; aux techniciens de la Station S.A.D. de Mirecourt, plus particulièrement à Jean BARLIER et Gilles ROUYER ; à Jean-Charles FALLOUX stagiaire à la Section S.A.D. de Dijon ; et enfin à Véronique MUNIER, stagiaire de

l'I.U.T. Agronomie de Nancy auprès de nous à Mirecourt qui a testé la transmissibilité de la méthode. Ces travaux ont été menés avec le soutien de la Société Générale des Eaux Minérales de Vittel et de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENOIT M. (1985) : *La gestion territoriale des activités agricoles. L'exploitation et le village : deux échelles d'analyse en région d'élevage*, thèse de Docteur-Ingénieur, I.N.A.-P.G., 152 p + annexes.
- BENOIT M., GAURY F., GRAS F. (1990) : "Activités agricoles et gestion des ressources en eau : les niveaux d'analyse fonctionnelle proposés par les agronomes", *Assises de l'Eau : Eau 2000*, Vittel, 10 octobre, 3 p.
- BERTIN (1973) : *Sémiologie graphique*, Mouton, Gauthier-Villars, Paris, La Haye, 2^e édition.
- CHAPRON P., CHENOUEARD M. (1986) : *Les cultures fourragères : place et rôle au sein d'exploitations d'élevage. Etude comparée de deux petites régions lorraines : le Plateau lorrain et la Vôge*, E.S.A. Angers - I.N.R.A. S.A.D. Versailles-Dijon-Mirecourt, 75 p + annexes.
- CHRETIEN J., CONCARET J., MERE C. (1974) : "Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux d'alimentation (Département de l'Yonne)", *Ann. agron.*, 25 (2-3), 499-513.
- C.O.R.P.E.N. (1988) : "Bilan global annuel à l'exploitation de l'azote. Logiciel Version 1.0", réalisation A.R.S.O.E. de Bretagne, Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement, Mission Eau Nitrates et Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne.
- DEFFONTAINES J.P. (1990) : "Programme agriculture environnement-Vittel (AGREV)", *Colloque Nitrates, agriculture, eau*, Paris, 7-8 novembre 1990, 121-129, INRA Ed.
- DURU M., GIBON A., OSTY P.L. (1988) : "Pour une approche renouvelée de l'étude du système fourrager", *Pour une agriculture diversifiée*, Jollivet M., L'Harmattan Ed., Paris, 35-48.
- GAURY F. (1991) : "L'utilisation d'un S.I.G. pour l'étude des relations entre systèmes de culture et qualité des eaux souterraines", *Séminaire INRA, Gestion de l'espace rural et système d'information géographique*, Florac, 22-24/10/1991.
- GRAS R., BENOIT M., DEFFONTAINES J.P., DURU M., LAFARGE M., LANGLET A., OSTY P.L. (1989) : "Le fait technique en agronomie. Activité agricole, concepts et méthodes d'étude", INRA-L'Harmattan Ed., 160 p.
- JEANNIN B., CRISTOFINI B. (1990) : "Le concept de fonctionnement fourrager : un outil pour un conseil spécialisé mieux adapté à l'exploitation dans son contexte régional", *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 17, 63-73.
- LANDAIS E. (1987) : *Recherches sur les systèmes d'élevage. Questions et perspectives*, doc. trav. SAD, Versailles, 75 p.
- LOISEAU P., TRIBOI E., PEPIN D. (1990) : "Bilans approchés de l'azote dans les prairies", *Colloque Nitrates, agriculture, eau*, Paris, 7-8 novembre, 361-366, INRA Ed.
- LOISEAU P., EL HABCHI A., DE MONTARD F.X., TRIBOI E. (1992) : "Indicateurs pour la gestion de l'azote dans les systèmes de culture incluant la prairie temporaire de fauche", *Fourrages*, 128.

- MACHET J.M., MARY B. (1990) : "Effet de différentes successions culturales sur les risques de pertes de nitrate en région de grande culture", *Colloque Nitrates, agriculture, eau*, Paris, 7-8 novembre, 395-403.
- PIEL-DESRUISSEAUX J. (1948) : *Organisation scientifique du travail en agriculture*, Maison Rustique.
- SHERWOOD M. (1985) : "Nitrate leaching following applications of slurry and urine to field plots", *Efficient Land Use of Sludge and Manure*, A. Dam Kafed, J.H. Williams and P. L'Hermite Eds, Publ. Elsevier Applied Science, London, 150-157.
- SEBILLOTTE M. (1978) : "Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique", *C. R. Acad. Agr. Fr.*, 11, 906-914.
- SEBILLOTTE M. (1985) : "Systèmes de culture - Agronomie", *Encyclopedia Universalis*, Corpus 5, 884-887.

RÉSUMÉ

L'activité agricole a des effets sur la qualité des eaux souterraines. On peut appréhender la diversité des pratiques agricoles sur prairies permanentes par une classification des conduites mises en œuvre. Le pilotage des pratiques agricoles est géré par les agriculteurs, d'où l'intérêt de leur donner les moyens de connaître les risques qu'ils font courir à la ressource en eau. L'indicateur proposé ne nécessite qu'une bonne connaissance des pratiques utilisées sur le territoire de l'exploitation. Le calcul de la balance "entrées d'azote - sorties d'azote" par parcelle et par an permet d'établir une balance pondérée par système de culture en tenant compte des surfaces concernées. Le cumul des balances positives par exploitation est une évaluation de son "agressivité" vis-à-vis de la ressource en eau. Le même type de cumul, réalisé sur les parcelles d'un bassin d'alimentation d'une ressource en eau, nous fournit les risques que subit cet espace.

SUMMARY

"Bascule", an indicator of nitrogen pollution hazards (spatialized nitrogen balance of crop systems on the farm)

Agricultural practice affects the quality of underground waters. An approach to the diversity of agricultural practices on permanent pastures consists in a classification of the various methods of management. The direction of these practices is the farmers' function, hence the importance of giving them the means of knowing the hazards they create regarding the water resource. The proposed indicator requires only a good knowledge of the practices used on the farm. The computation of the "N input - N output" balance per plot and per year gives a weighted balance per crop system taking into account the various areas. The cumulated positive balances per farm is a measure of the farm's "aggressiveness" versus the water resource. In a similar way the cumulated balances over the whole catchment area of water supply evaluates the hazards run by this portion of space.