
Flux de nutriments d'origine agricole vers la rade de Brest

Charles Cann

La rade de Brest est affectée par diverses pollutions qui nuisent à la qualité des eaux. L'eutrophisation résultant des apports croissants d'azote et de phosphore du rivage et des cours d'eau vers la mer est l'une de ces pollutions. Elle se manifeste par le développement excessif d'algues. Les études menées par l'Ifremer (Menesguen, 1992 - Piriou, 1990) indiquent que l'eutrophisation affecte la rade de Brest moins gravement que plusieurs autres sites côtiers de Bretagne, mais, même si ce problème n'est pas le plus important de ceux qui touchent la rade, il mérite néanmoins que l'on y prête attention.

Pour rechercher un équilibre entre production et qualité des eaux, il faut déterminer la quantité optimale d'apports de nutriments, mais il faut également être capable de mesurer ces apports ou tout au moins de les évaluer de manière fiable en fonction de la marge de manœuvre disponible entre hypertrophie et oligotrophie. Il serait même préférable de pouvoir les prévoir.

Cette évaluation pose problème. La connaissance des rejets industriels et domestiques s'est améliorée notablement ces dernières années avec la progression des préoccupations d'environnement et, depuis la fin des années 80, la prise en compte de ces nutriments comme facteurs polluants des eaux en plus de la pollution organique. Les rejets agricoles sont moins bien connus. Plusieurs raisons se cumulent pour expliquer cet état de fait.

Tout d'abord, la croissance extrêmement rapide de la production agricole qui génère ces rejets très importants de nutriments s'est faite surtout durant les trente dernières années ; le problème est donc relativement récent.

Ensuite, la prise de conscience de ce problème et de son ampleur a été longue en raison de la persistance de l'image d'activité « naturelle » qui est longtemps restée attachée à cette activité en dépit de son évolution.

De plus, la dispersion de l'activité sur un vaste territoire donne un caractère diffus à ces rejets. Ils sont donc moins facilement perceptibles. La mesure de ces rejets est rendue plus difficile car il ne suffit pas, comme pour les rejets industriels et urbains collectés et centralisés par des réseaux, d'effectuer des mesures ponctuelles pour les quantifier.

Enfin, les transferts d'azote et de phosphore d'origine agricole varient beaucoup dans leurs différentes caractéristiques, flux, concentrations, vitesse, forme, en fonction de diverses variables conjoncturelles du milieu telles que la pluie, la température, l'humidité, etc., au contraire des rejets industriels et urbains qui sont relativement constants et dont les variations sont en tout cas liées essentiellement aux activités elles-mêmes.

Les moyens traditionnels d'évaluation des apports de nutriments mis au point pour les rejets bien identifiés et concentrés sont donc inopérants. C'est pourquoi les rejets d'origine agricole sont insuffisamment connus bien qu'ils constituent maintenant la part majeure des apports d'une manière générale.

La connaissance de ces rejets s'avère pourtant indispensable pour quantifier l'ensemble des rejets et mettre ces données à la disposition des scientifiques qui étudient le développement trophique dans la rade de Brest tout d'abord. La quantification relative des apports de diverses origines doit permettre aussi de choisir les mesures de réduction des rejets

Charles Cann
Cemagref
17 avenue de Cucillé,
35044 Rennes

optimales en fonction de leur impact potentiel et de leur coût ensuite. Une sensibilisation des agriculteurs aux pertes que représentent ces fuites de nutriments et un gain économique peuvent aussi être envisagés dans certains cas. Enfin, la comparaison des flux transférés aux cours d'eau avec ceux mis en œuvre dans l'agriculture et leurs excédents permet d'estimer l'amplitude des mécanismes de dépollution naturels et de transfert vers d'autres milieux, vers l'air surtout.

La mesure des flux au débouché des fleuves dans la rade pose plusieurs problèmes difficilement solubles. La dimension importante de la section des principaux tributaires à cet endroit empêche de placer des dispositifs de mesure en continu des débits. Des dépôts de sédiments modifient constamment le profil de la section utile de l'écoulement. Les courants marins modifient les conditions hydrauliques en aval. Les marées surtout provoquent des flux opposés au flux du cours d'eau tant pour l'eau que pour les matières transportées. Enfin, le grand nombre de ruisseaux côtiers nécessiterait des moyens énormes pour de telles mesures pour l'ensemble de la rade.

Afin d'évaluer les flux de nutriments parvenant à la rade de Brest, il semble préférable de comprendre les divers mécanismes de transfert des nutriments du territoire vers l'eau, d'en dégager les plus importants, de les hiérarchiser, d'individualiser les principaux facteurs qui peuvent les modifier et de quantifier l'action de ces facteurs. Le choix de ces facteurs doit être suffisamment physique pour que l'extrapolation des résultats d'un bassin à l'autre puisse être envisagée.

Le bassin versant étudié

Pour améliorer la connaissance de ces rejets, le Cemagref étudie donc les transferts de nutriments sur des petits bassins versants (Cann, 1990). Cette échelle de travail correspond à l'unité fonctionnelle du territoire en ce qui concerne les apports au cours d'eau selon les différentes voies possibles : écoulement souterrain profond ou hypodermique, ruissellement et écoulement dans le chevelu de fossés qui alimente le ruisseau, et ceci sur la variété des terrains qui constituent le milieu rural : fermes, routes et chemins, champs et prairies. Le choix de bassins de petite taille permet d'étudier en détail l'ensemble des activités qui peuvent in-

fluencer les transferts de nutriments et de les mettre en relation avec les variations de transfert.

Ce travail a déjà été lancé depuis longtemps sur le bassin versant du Coët-Dan dans le Morbihan. Progressivement des méthodes telles que des stratégies d'échantillonnage, des procédés de prélèvement originaux ont été testés et mises au point. Les matériels divers de mesure et d'échantillonnage ont été essayés sur ce site. Des résultats importants concernant les flux de phosphore (Cann, 1990 ; Cann et Villebonnet, 1994) et d'azote (Cann, 1993 ; Cann et Villebonnet, 1994 ; Cann, 1994 ; Villebonnet, 1995) y ont été acquis.

Les travaux de recherche lancés en liaison avec le contrat de baie « Rade de Brest » comportent une étude sur les flux de nutriments d'origine agricole vers la rade de Brest. Le bassin versant retenu à titre de site de mesure et de test dans les bassins des tributaires de la rade de Brest est celui de la partie amont du ruisseau de Kerouallon, affluent de la rive gauche de l'Elorn (figure 1). L'activité agricole intense de ce bassin avec utilisation de phosphore et d'azote en excès fournit des conditions favorables à la mesure du transfert de ces nutriments. L'absence d'activité industrielle et la faible densité de population évitent les interférences avec d'autres sources de pollution.



▲ Figure 1. – Carte de localisation des bassins versants d'étude

Il couvre 600 hectares sur les communes de Loc-Eguiner et Ploudiry. Le ruisseau s'écoule sur 3 km de la source à la station de mesure installée à l'exutoire, sur le cours du ruisseau. Les altitudes varient de 188 m au bourg de Ploudiry à 97 m à la station de mesure. C'est un bassin compact.

Le sous-sol est constitué de schistes et quartzites de Plougastel que l'on retrouve à faible profon-

deur. Le ruisseau s'écoule dans des alluvions modernes qui tapissent le fond de vallée. Les sols bruns prédominent largement dans la couverture. Les épaisseurs sont très variables.

La pente du ruisseau est forte : 2,3 % environ. Certains versants ont des pentes très fortes, supérieures à 15 %.

Les mesures hydrologiques

■ Mesures quantitatives

Deux pluviomètres fournissent en continu les précipitations en haut et en bas du bassin.

Une station de mesure des débits a été installée à l'exutoire avec un bassin de tranquillisation des eaux de 10 m de long et à l'aval de ce bassin, un seuil à minces parois constitué d'une rôte métallique entaillée d'une échancrure en V qui permet d'avoir une relation hauteur d'eau-débit univoque. Une chute d'eau le maintient dénoyé afin que l'écoulement ne soit pas perturbé par les conditions en aval. Le débit peut ainsi être calculé à partir de la hauteur d'eau par la formule de Hégly dont le coefficient a été adapté aux caractéristiques du site : $Q = 2,291 \cdot h^{5/2}$

Cependant le ruisseau déborde à partir d'une hauteur d'eau de 50 cm au-dessus du seuil. La mesure est très fiable et précise jusqu'à cette hauteur. Des mesures de contrôle réalisées par empotage en faible débit et par courantométrie en débit moyen confirment la validité de la formule avec une précision de l'ordre de 3 % pour les hauteurs d'eau inférieures à 50 cm.

Au-delà, la formule sous-estime les valeurs du débit, dans de faibles proportions tout d'abord car l'eau ne circule que très lentement à travers les herbes de la prairie, puis plus fortement au fur et à mesure que le débordement s'accroît. Ce seuil a été dépassé à 46 reprises en deux ans dont douze fois de manière significative (supérieure à 10 cm). Cela a surtout concerné la période de crue de fin décembre 1994 et début 1995.

■ Mesures qualitatives

Des échantillons d'eau sont prélevés au niveau de la station de jaugeage de deux façons différentes :

- Des échantillons sont prélevés manuellement environ une à deux fois par mois. La plupart d'entre eux correspondent à des moments de débit faible ou modéré.

- Un préleveur automatique pompe des échantillons dans le bassin suivant un programme préétabli. Le préleveur est asservi à une sonde de niveau de manière à ce qu'il ne se déclenche que lorsque l'eau monte dans le bassin jusqu'au niveau de la sonde. Il effectue alors un cycle de 24 prélèvements répartis dans des flacons individuellement échelonnés dans le temps sur une quinzaine d'heure. Ce cycle permet généralement de couvrir une crue. L'intervalle de temps est plus court en début qu'en fin de crue pour tenir compte de la différence entre la montée brutale du débit et la descente plus lente. Ces prélèvements à pas de temps fin permettent de recueillir des eaux de compositions très différentes en liaison avec la crue.

Les échantillons prélevés à Kerouallon sont analysés pour y doser les matières en suspension (M.E.S.), le nitrate, l'ammonium, le phosphore total, l'orthophosphate. Les analyses sont réalisées selon les protocoles AFNOR 90-105, 90-012, 90-015, et 90-023. La mesure des pertes au feu sur les M.E.S. donne également la teneur approximative en matière organique.

Le traitement des données

Les relations entre les concentrations et les variables quantitatives à divers pas de temps ont été recherchées tout d'abord. A l'échelle d'une crue, d'importantes variations apparaissent qui peuvent être reliées aux variations de débit. A l'échelle de l'année, des variations saisonnières peuvent être décelées.

La prise des échantillons au droit de la station de jaugeage autorise aussi à calculer le flux instantané, produit de la concentration par le débit au moment considéré. Le calcul des flux sur des durées plus longues s'appuie sur les constats réalisés sur les premiers bassins et confirmés sur le bassin du Kerouallon. En dehors des périodes de crue les concentrations sont stables et comme le débit est constant, le flux peut être calculé par extrapolation à partir de quelques flux instantanés mesurés. Durant les crues, le pas de temps d'échantillonnage court donne de nombreuses valeurs qui permettent de décomposer toute l'évolution des concentrations durant la crue. Les flux sont alors calculés par intégration entre les différentes valeurs de flux instantané mesurées.

Les voies de transfert

■ Transferts d'eau

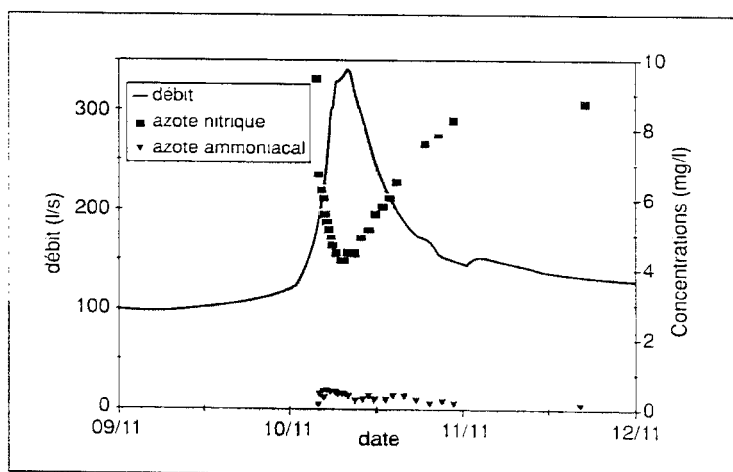
L'eau se déplace dans le bassin versant suivant diverses voies et se charge au passage de matières en suspension et de solutés. Selon les chemins empruntés, les éléments transportés varient.

L'eau se déplace le plus rapidement sur les surfaces imperméabilisées, plus lentement à la surface des champs et des prairies. L'eau parvient au ruisseau en quelques heures au plus.

Pour qu'elle s'infilte dans le sol, il faut plus de temps. Elle peut alors continuer à s'infiltrer à travers le sol et les roches jusqu'à la nappe où elle circulera très lentement vers une source. Le trajet jusqu'au ruisseau peut s'effectuer en de nombreuses années sur certains bassins. Sur le Kerouallon, il est plus rapide mais nécessite tout de même plusieurs mois. Lorsque l'eau rencontre dans le sol une couche plus imperméable, l'infiltration est rendue plus difficile et elle se déplace alors latéralement par écoulement hypodermique. Cela arrive notamment au contact de semelles de labour ou de couches d'argile. Le cheminement dans le sol est plus rapide dans les couches supérieures qu'en profondeur et, de plus, il est plus court. Les écoulements hypodermiques alimentent donc le ruisseau avec une vitesse intermédiaire entre le ruissellement et l'écoulement de la nappe.

Dans le ruisseau, les différentes eaux se mélangent dans des proportions variables selon la puissance des divers écoulements. Les concentrations varient aussi en fonction des proportions des eaux qui les apportent dans le mélange.

Figure 2. – Evolution des concentrations en azote sous ses différentes formes dans le ruisseau à Kerouallon au cours d'une crue ▼



■ Azote

L'azote est présent dans les cours d'eau sous forme de nitrate, de nitrite, d'ammonium et d'azote organique. Le nitrite est une forme instable et ne se décèle qu'en très faibles quantités au regard des autres formes. Sa contribution au flux d'azote est donc négligeable. Les suivis des concentrations en nitrate, ammonium et matière organique lors de 19 crues en 1993 et de 24 crues en 1994 permettent d'observer des phénomènes qui se répètent à chaque épisode de crue. Ces phénomènes avaient déjà été observés sur les autres bassins étudiés avec quelques caractéristiques différentes.

En dehors des crues, les concentrations en ammonium et en matière organique dans le ruisseau sont très faibles. Pendant les crues, au contraire, les concentrations sont toujours assez fortes. Les concentrations en nitrate, par contre, qui sont élevées en dehors des crues, diminuent durant celles-ci.

Le nitrate représente la quasi totalité du flux d'azote en dehors des crues et reste presque toujours majoritaire pendant les crues en dépit de sa baisse de concentration et de l'augmentation des autres formes.

La figure 2 montre, sur l'exemple d'une crue, le type de variation observé.

La prédominance du nitrate, forme la plus oxydée de l'azote, montre que la qualité des eaux de ce ruisseau est encore globalement préservée. En particulier, les rejets directs d'effluents d'élevage dans le ruisseau doivent être peu importants puisqu'ils se révéleraient par la présence d'ammonium et de matière organique en permanence.

Les variations s'expliquent aisément par la provenance et les caractéristiques différentes de ces formes d'azote. Le nitrate provient des réserves d'eaux souterraines alimentées par l'infiltration des eaux de pluie à travers les sols où elles lessivent au passage l'azote apporté par les agriculteurs sur leurs parcelles. Cet azote s'oxyde au cours de son séjour dans le sol et de la phase de lessivage. Le nitrate s'observe donc logiquement toujours dans l'eau du ruisseau alimenté par les sources. Lors des crues, à cette eau des sources s'ajoute l'eau de ruissellement de surface qui augmente le débit, mais qui ne s'est pas chargée en nitrate et qui vient donc en diminuer la concentration par dilution.

L'ammonium existe, lui dans certains engrais chimiques et surtout dans les déjections animales.

Épandu sur les champs, il se nitrifie au bout d'un certain temps. L'azote organique, pour sa part, vient des déjections animales. Après épandage et décomposition par la microflore du sol, il est aussi oxydé. Sous forme organique, il n'est pas lessivable et reste donc dans les couches superficielles du sol. La présence de ces deux formes d'azote dans l'eau du ruisseau indique donc que des eaux de ruissellement contribuent au débit. Il est dès lors logique de les retrouver lors des crues seulement. Le ruissellement de l'eau sur les champs peut les emporter après les épandages. Ces éléments viennent aussi du rinçage des surfaces imperméabilisées sur lesquelles restent des déjections (routes et cours de fermes, aires d'exercice et d'attente des stabulations notamment).

Par rapport aux autres bassins étudiés précédemment, la diminution des concentrations en nitrate au cours des crues a une amplitude plus forte sur celui de Kerouallon, ce qui traduit l'importance particulière du ruissellement sur ce bassin. La forte pluviométrie qui affecte le secteur et la faible perméabilité des sols ainsi que la faiblesse de la réserve souterraine potentielle expliquent cette caractéristique.

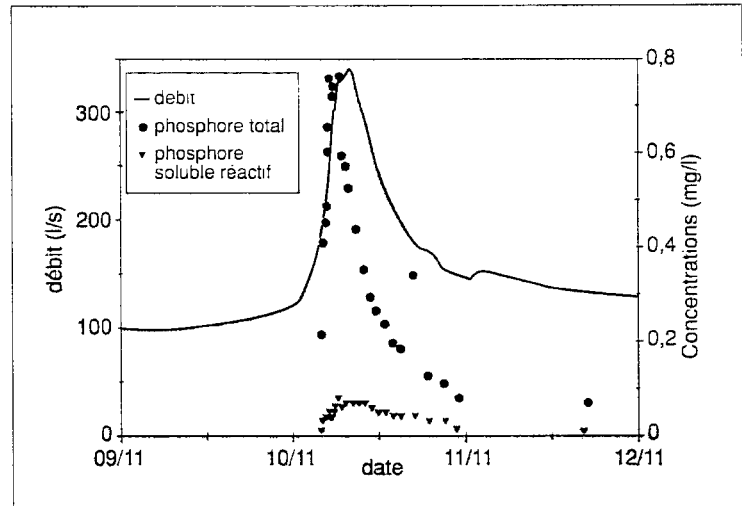
■ Phosphore

Les concentrations en phosphore en dehors des périodes de crue sont très faibles voire indécélables sur presque tous les bassins. Seuls les cours d'eau où se déversent des effluents urbains ou ceux d'une industrie particulière présentent des concentrations élevées en phosphore. Ce n'est pas le cas sur ce bassin.

Les concentrations en orthophosphate restent très faibles sur ce bassin, même en phase de crue. L'augmentation des concentrations qui s'observe alors sur ce bassin comme sur tous les autres est faible.

Le phosphore total, par contre, augmente dans des proportions beaucoup plus importantes, comme sur les autres bassins. Cet accroissement accompagne l'augmentation de charge solide transportée par le cours d'eau. Le phosphore est donc transféré presque uniquement pendant les crues et sous forme particulière et colloïdale. La figure 3 montre l'évolution des concentrations en phosphore, telle qu'elle se reproduit à chaque épisode de crue.

Ce comportement s'explique par les propriétés physiques du phosphore, élément très facilement adsorbable, que l'eau d'infiltration ne peut donc guère entraîner vers le sous-sol. Il n'y en a donc



pas dans les nappes et, par conséquent, dans le ruisseau en dehors des crues. L'eau de ruissellement, elle, rince les surfaces imperméabilisées et transporte vers le ruisseau les matières qui y étaient déposées, boues et déjections animales, contenant du phosphore. Elle peut également éroder les sols des champs et la couche superficielle, la plus vulnérable, est aussi la plus riche en phosphore. Les eaux de ruissellement qui parviennent au ruisseau le plus rapidement après la pluie se chargent donc en phosphore organique et minéral fixé.

Les recherches menées sur d'autres bassins ont montré des variations des concentrations et des flux de nutriments à d'autres échelles de temps. Sur le bassin du Kerouallon, il n'est pas encore possible d'étudier les variations interannuelles et saisonnières en raison de la durée trop courte du suivi jusqu'à présent.

Les flux

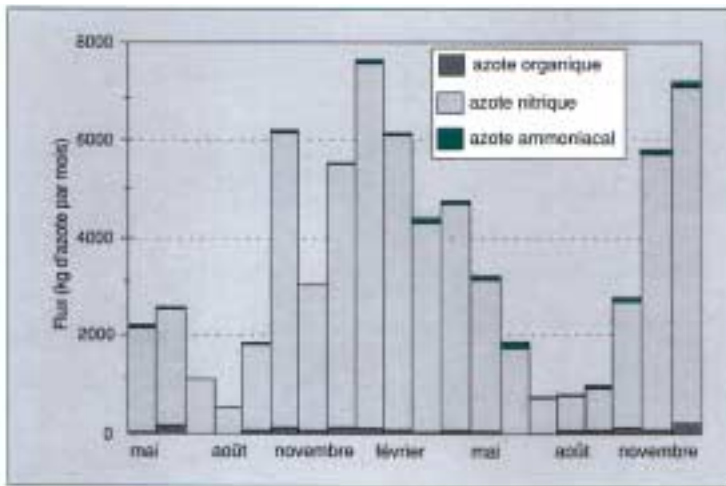
■ L'azote

Les flux d'azote ont été calculés en tenant compte des observations faites sur les variations. On obtient les résultats exposés sur la figure 4.

Sur une année hydrologique, du 1^{er} septembre 1993 au 31 août 1994, le flux total d'azote dans le ruisseau a été de 45,8 tonnes.

L'azote nitrique, soit 44,7 tonnes, représente près de 98 % du total. L'azote ammoniacal, 1 % du total, et l'azote organique, 1,4 % du total peuvent

▲ Figure 3. – Variation des concentrations en phosphore dans le ruisseau à Kerouallon au cours d'une crue



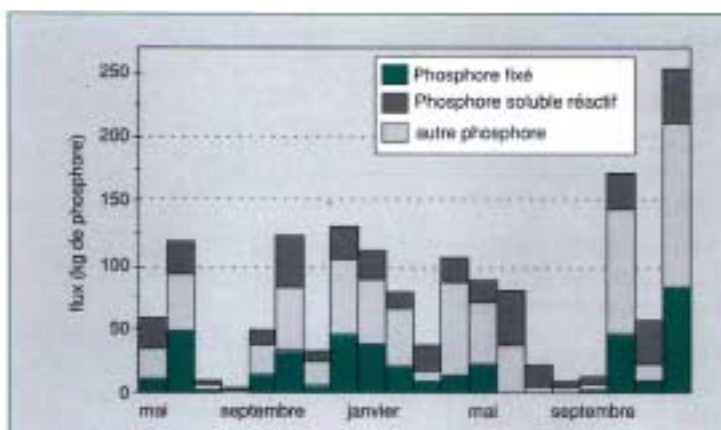
▲ Figure 4. – Flux mensuels d'azote à l'exutoire du bassin

donc être généralement négligés en ce qui concerne le flux global d'azote.

Ce flux représente, en moyenne, une fuite de plus de 76 kg d'azote à l'hectare. Cette perte n'est pas du tout négligeable. Elle équivaut à 230 francs à l'hectare environ en valeur engrais. Les agriculteurs peuvent donc y trouver une motivation pour améliorer la gestion de leur fertilisation.

Ce flux reste cependant très inférieur à l'excédent du flux d'azote dans l'activité agricole du bassin calculé à partir d'une enquête exhaustive complétée par des mesures des flux réels dans chaque activité des fermes du bassin par pesées et analyses d'échantillons. Cet excédent est de 136 tonnes (Cann et Turpin, 1994). Le flux à l'exutoire en

▼ Figure 5. – Flux mensuels de phosphore à l'exutoire du bassin



représente le tiers. Or l'abondance des pluies au cours de cette année hydrologique a favorisé le lessivage et la fuite a sûrement été supérieure à la moyenne. Compte tenu de cette abondance de pluie, il est peu probable que le stock du sol ait pu augmenter. Les phénomènes de volatilisation ammoniacale et de dénitrification jouent donc un rôle important sans qu'il soit possible, pour l'instant, d'individualiser leur part respective dans cette disparition de l'azote.

■ Le phosphore

Les flux de phosphore solide à l'exutoire ont été évalués en attribuant une teneur de 0,12 % en phosphore aux M.E.S., valeur moyenne obtenue sur des analyses de sédiment. Cette valeur sous-estime sûrement la teneur moyenne au cours du transit, mais elle situe bien l'ordre de grandeur. Les flux de M.E.S., de phosphore total dissous et d'orthophosphate, donnent les résultats décrits figure 5.

Sur l'année hydrologique, le flux total de phosphore a été de 860 kg environ dont 210 kg de phosphore fixé, 235 kg de phosphore soluble réactif et 415 kg d'autres formes, phosphore organique, colloïdal, faiblement adsorbé ou condensé.

Cela correspond à une fuite moyenne de 1,4 kg de phosphore par hectare de bassin ou 3,3 kg exprimé en P_2O_5 . C'est dérisoire en comparaison des quantités utilisées par l'agriculture ou des excédents de cette activité. Il ne sera donc pas possible de motiver les agriculteurs à mieux gérer leur fertilisation phosphorée par des arguments économiques internes.

En effet, il n'y a pas de fuite de phosphore par voie gazeuse. Les excédents de phosphore restent donc stockés dans les sols du bassin versant. Comme c'est l'érosion qui alimente les flux de phosphore à l'exutoire, cet enrichissement constitue un facteur de risque croissant.

■ Le potentiel d'eutrophisation

Les nutriments qui transitent constituent une ressource pour l'eutrophisation dans le cours d'eau lui-même et dans la rade à l'aval. Le potentiel de développement d'algues en fonction des apports de nutriments par le cours d'eau est présenté figure 6. Ils ont été calculés en fonction de ratios de composition du plancton en condition limite de développement tirés de RAST et al., dans RYDING et RAST, 1994.

Le flux de phosphore permet toujours le développement d'une quantité d'algues très inférieure à ce que permet le flux d'azote. Il ne faut cependant pas conclure prématurément quant au facteur limitant de l'eutrophisation car le phosphore peut être utilisé plusieurs fois successivement (Cann, 1994) alors que le nitrate, très soluble, est très vite dispersé dans les environnements ouverts. De plus le phosphore peut être stocké dans le lit du cours d'eau pendant longtemps avant d'arriver à la mer (Dorioz et al., 1989 ; Despreaux, 1990 ; Cann, 1990).

Le bassin du Kerouallon ne couvre que 600 hectares, soit 0,2 % du bassin des tributaires de la rade de Brest. Il est cependant cultivé bien plus intensivement que la moyenne des bassins des tributaires de la rade et les autres bassins doivent donc fournir moins de nutriments par hectare. Le phosphore qu'a transporté le ruisseau durant l'année hydrologique, même en ne servant qu'une fois, peut alimenter la production de plus de 100 tonnes de matière sèche d'algues, alors qu'il n'est récolté que 2 500 tonnes d'ulves dans la rade (Piriou, 1986).

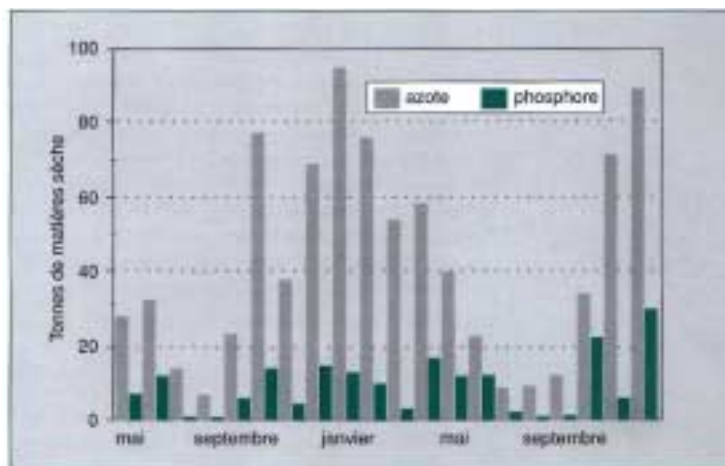
Conclusion

Le dispositif mis en place sur le bassin du Kerouallon permet de quantifier de manière fiable et détaillée les flux de nutriments qui quittent ce bassin en direction de la rade de Brest sous leurs différentes formes. Pour s'affranchir des particularités de la période étudiée jusqu'à présent, notamment l'abondance des pluies, il faut poursuivre ce suivi.

L'azote passe à l'exutoire du bassin sous sa forme la plus oxydée, le nitrate, à 98 %, ce qui montre que les rejets directs sont très limités. Les mesures d'amélioration des centres d'exploitation pour éviter ces rejets n'auront donc que des effets difficiles à déceler sur les flux d'azote.

La comparaison entre les flux qui s'écoulent à l'exutoire du bassin et ceux qui transitent dans l'activité agricole montre que, s'il y a un rendement de valorisation faible de ces nutriments par l'agriculture, la rétention par les sols est très forte pour le phosphore et que les pertes par voie gazeuse jouent un rôle au moins aussi important que le transfert par l'eau pour l'azote.

Pour l'azote, il serait intéressant de pouvoir évaluer les parts respectives des différentes formes de



▲ Figure 6. – Potentiel de développement d'algues en fonction des flux mensuels de nutriments à l'exutoire du kerouallon

départ gazeux. Le dégagement d'ammoniac n'est qu'un transfert de pollution, alors que le dégagement de molécules d'azote après dénitrification est un moyen de dépollution. Il faut aussi s'assurer que le départ ne s'effectue pas sous forme d'oxydes d'azote tels que le protoxyde d'azote.

Pour le phosphore, le mécanisme des départs et l'énorme quantité d'algues que ces départs peuvent alimenter malgré la forte rétention exercée par les sols impliquent que l'on ne pourra pas se contenter de mieux gérer la fertilisation, mais qu'il faudra aussi empêcher le départ du stock existant dans les sols par érosion. Pour cela, il faut mettre en place des moyens de lutte contre l'érosion ou des procédés de piégeage du phosphore sur le cours des ruisseaux. La décantation pourrait permettre de piéger une bonne part du phosphore d'après le constat de répartition des formes.

Le grand excédent d'azote et de phosphore dans l'activité agricole du bassin implique tout de même aussi que l'on se préoccupe de réduire cet excédent qui reste le premier responsable des forts flux mesurés à l'exutoire.

Résumé

Une partie de l'azote et du phosphore utilisés en agriculture pour accroître la production n'est pas valorisée. Il s'en retrouve dans l'eau où ils contribuent à l'eutrophisation. Les transferts de ces nutriments des zones agricoles vers l'eau s'effectuent par diverses voies et dépendent d'une grande variété de mécanismes physiques, chimiques et biologiques. Pour les étudier, le Cemagref a équipé le bassin versant du Kerouallon, au nord ouest de la Bretagne. Les données collectées montrent bien les variations importantes de transfert de ces nutriments en réponse aux variations des conditions de transfert comme les conditions météorologiques, pédologiques et agronomiques. Pour quantifier les flux de nutriments à l'exutoire d'un bassin agricole, il importe donc de collecter simultanément les données concernant les débits et les concentrations avec des pas de temps assez courts et adaptés pour saisir toutes les variations. Il importe aussi de les mettre en relation avec les conditions hydrologiques.

Mots clefs : Azote, phosphore, bassin versant, agriculture, hydrologie, transfert, cours d'eau.

Abstract

Nitrogen and phosphorus are used in large quantities for agriculture to increase production. A part of them is then found in water where they can increase eutrophication. Nitrogen and phosphorus transfer from agricultural lands and farms to water occur by several ways. Various physical, chemical and biological mechanisms work in those transfers. In order to observe, to understand and to quantify them, the Cemagref is studying the Kerouallon, a small watershed in north-west of Brittany, France. Those transfers depend, of course, on agricultural practices, on the characteristics of the basin and on meteorological and hydrological conditions : Nutrients concentrations and flows vary a lot in the stream at the outlet of a basin according to all these mechanisms. In order to quantify nutrients flows from agricultural activity to water, it is necessary to collect data about discharge and concentrations in water with a small and pertinent enough timestep to monitor all the variations. It is important also to put them in relation with hydrological conditions. That is done now on the Kerouallon basin and we will try to use the results now on larger basins.

Key words: Nitrogen, phosphorus, watershed, agriculture, hydrology, transfer, stream.

Bibliographie

- CANN, C., (1990). Le phosphore : De l'agriculture vers l'eau. *Informations techniques du Cemagref* n°80, note 1-8 pages
- CANN, C., (1993). Suivi de la qualité de l'eau. Etude menée sur le B.V.R.E. du Coët-Dan. Cemagref. *Rapport* au département du Morbihan et au syndicat de l'eau du Morbihan. 162 pages + annexes.
- CANN, C., (1994). Etude de l'évolution des flux de phosphore apportés au littoral par le cours d'eau du Yar en baie de Lannion. *Rapport* au F.E.D.E.R. pour la C.E.E. Cemagref, 135 pages.
- CANN, C., VILLEBONNET, C., (1994). Suivi de la qualité de l'eau, étude menée sur le bassin versant expérimental du Coët-Dan (Morbihan). *Rapport d'étude* au département du Morbihan et au syndicat de l'eau du Morbihan. 120 pages
- CANN, C., TURPIN, N., (1994). Contrat de baie, rade de Brest - Flux de nutriments d'origine agricole vers la rade. *Rapport à la communauté urbaine de Brest*. Cemagref Rennes, 74 pages + annexes.
- DESPREAUX, M., (1990). Phosphore et azote dans les sédiments du fleuve Charente : Variations saisonnières et mobilité potentielle. *Thèse de l'université de Lyon I* - Cemagref, 227 pages
- DORIOZ, J.M., PILLEBOUE, E., FERHI, A., (1989). Dynamique du phosphore dans les bassins versants : Importance des phénomènes de rétention dans les sédiments. *Wat. Res.* 23 (2), 147-158.
- MENESGUEN, A., (1990). Présentation du phénomène d'eutrophisation littorale. Ifremer, *actes du colloque : La mer et les rejets urbains*. Bendor, 13-15 juin 1990. 35-52.
- PIRIOU, J.Y., (1990). Marées vertes littorales et nitrate. Dans *Nitrates-agriculture-eau*, R. CALVET ed. INRA 113-120.
- PIRIOU, J. Y., ANNEZO, J. P., (1993). Mesure des flux azotés et phosphorés à l'exutoire de bassins versants bretons au printemps 1991. *Rapport du programme « Cartographie des zones sensibles à l'eutrophisation ; cas des côtes bretonnes »*. 24 pages + annexes.
- RYDING, S. O., RAST, W., (1994). Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs. Masson ed. 294 pages.
- VILLEBONNET, C., (1995). Bilans de nutriments à travers l'activité agricole d'un petit bassin versant. *Journal européen d'hydrologie*, 26 (1) : 23-36.