

PENN AR BED

n° 139

*La qualité de l'eau
en Bretagne*

BULLETIN TRIMESTRIEL DE LA SOCIÉTÉ POUR L'ÉTUDE
ET LA PROTECTION DE LA NATURE EN BRETAGNE



- 1 « Penser globalement, agir localement »
Jean-Claude Lefeuvre
- 7 Caractéristiques piscicoles des cours d'eau bretons
Alain Monnier
- 16 L'envasement des étangs, lacs et rivières de Bretagne
Alain Jigorel
- 33 Le traitement des eaux et la restauration de leur qualité
Marc Le Saout et Georges Bertru
- 38 Les périmètres de protection des captages d'eau publics :
la démarche du département des Côtes-d'Armor
Gilles Marjolet et Thierry Burlot
- 45 Contamination des eaux superficielles par les pesticides
Hervé Gillet
- 50 Actions sur les activités agricoles
Hervé Tanguy

Cotisations et abonnements :

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Adhésion à la SEPNE | 100 F |
| Etudiant, demandeur d'emploi | 35 F |
| Adhésion et Abonnement à Penn ar Bed | 200 F |
| Etudiant, demandeur d'emploi | 135 F |
| Abonnement seul | 120 F |
| Etudiant, demandeur d'emploi | 100 F |

Publication trimestrielle

Le courrier concernant la rédaction de Penn ar Bed (projet d'articles, courrier aux auteurs) est à adresser à : Loïc Quintin, S.E.P.N.B. - B.P. 32, 186, rue Anatole France - 29276 BREST Cedex - Tél. 98.49.07.18.

Le présent numéro a été tiré à 2 800 exemplaires
Dépôt légal : avril 1992. — Directeur de la publication : Loïc Quintin — Maquette : Marc Paugam
Imprimerie Régionale - Bannalec - N° C.C.P.A.P. : 71323 - I.S.S.N. 0553-4992.

Photographies de couverture : Jean-Pierre Ferrand.

« Penser globalement agir localement »

Jean-Claude Lefeuvre *

Ce titre, emprunté à l'un des grands penseurs français de notre siècle, le scientifique René Dubos, mort il y a quelques années aux États-Unis où il avait choisi de vivre, résume admirablement quel aurait dû être le comportement général de ceux qui, au cours des 40 dernières années, ont "pensé" la Bretagne, ou plutôt "accompagné" la métamorphose d'une province classée en zone de rénovation rurale après la dernière guerre et devenue l'une des régions les plus performantes d'Europe dans le domaine de l'agriculture.

De mauvais choix politiques

Rural, agricole : deux mots qui pèsent lourd dans le diagnostic général que l'on peut porter sur l'état de l'environnement en Bretagne. On peut en effet aujourd'hui affirmer que nos dirigeants se sont trompés lorsqu'ils ont conçu ou accepté la politique agricole proposée pour dynamiser notre région. Il aurait fallu, dès les années 1950, raisonner en

termes de polyvalence, de polysusage, dans le développement des activités de production et l'aménagement global de l'espace rural. Il aurait été nécessaire de réfléchir aux conditions de maintien de la vie des hommes dans ce que l'on appelait la campagne. Or, toute la volonté des gestionnaires de notre territoire, et l'essentiel des subventions nationales ou régionales orientées vers l'espace rural, ont été focalisées vers l'intensification des productions agricoles, vers la spécialisation (monoculture, mono-élevage), vers la sujétion des agriculteurs à l'industrie agro-alimentaire... avec tout ce que cela comporte de "dégraissage", de mise à pied, de chômage.

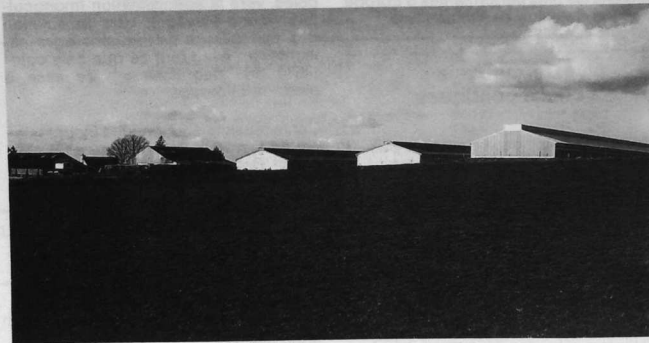
Car la réussite économique incontestable de l'agriculture bretonne a un coût social. On peut d'ailleurs, en se référant au recensement général de l'agriculture (RGA), estimer une partie du prix à payer pour que les paysans de chez nous se transforment en ouvriers spécialisés dans l'élevage hors sol. On apprendra ainsi que pour le seul département du Finistère, on est passé de 48000 exploitations en 1955 à 21000 en 1989. Le nombre d'actifs agricoles a diminué de 37 % de 1979 à 1989, et 5200 exploitants n'ont pas de

* Professeur au Muséum National. Directeur du Laboratoire d'Evolution des systèmes naturels et modifiés.

successeurs. La spécialisation ne peut que conforter cette tendance. C'est ce que confirme l'enquête nationale de décembre 1990 sur le cheptel porcin, mesurant les évolutions majeures intervenues ces dernières années : augmentation de la taille des élevages et réduction très nette du nombre des éleveurs. Ainsi, dans le Finistère, alors que l'effectif porcin a augmenté de 25 % en dix ans, le nombre d'éleveurs a diminué de 50 %. L'examen des chiffres nationaux montre que cette tendance ne peut que se poursuivre puisque 10000 éleveurs, sur 39500 répertoriés, maîtrisent 80 % de la production.

Disparition du bocage breton

Départ des actifs agricoles, spécialisation dans le hors sol, concentration des élevages, intensification des productions végétales, ont été la cause de la destruction, voire de la disparition du bocage breton, mais aussi du non entretien des talus et des rivières. Au coût social de la politique régionale "d'après-guerre", s'ajoute donc un coût "patrimonial" désastreux pour le présent, mais surtout pour les générations futures et le temps consacré à "produire" n'est plus disponible pour gérer l'espace dans le respect d'un équilibre homme-nature.



Toujours plus haut, toujours plus grand ?

M. Paugam

Lorsque, comme dans le Finistère, on élève 608000 bovins, plus de deux millions de porcs, quinze millions de poulets de chair, plus de deux millions de dindes, et que l'on atteint dans certains cantons, comme celui de Landivisiau, le chiffre de quatorze porcs à l'hectare, on n'a plus le temps ni d'entretenir le paysage, ni même de cultiver les sols difficiles. Dans une logique de développement uniquement agricole et non rural, "il est normal", comme le faisait remarquer le directeur départemental de l'Agriculture du Finistère, "que les mauvaises terres soient abandonnées". Se référant d'ailleurs aux 85000 hectares de terres agricoles non cultivées (sur 404000 hectares de S.A.U.* et 678690 ha de surface totale du département), il indique nettement que l'agriculture n'a pas vocation à entretenir la totalité du territoire (Ouest-France, 26-27 août 1989).

Paysages traumatisés, déprise agricole et enrichissement sont le résultat du manque de bras, de la désertification de nos campagnes. Mais le problème le plus crucial de ces dernières années est celui posé par la dégradation de nos ressources en eau. Nous savons qu'elle est liée à cette focalisation sur un seul secteur d'activité en zone rurale, la production agricole. Les faits sont là dans toute leur brutalité : Bretagne, février 1990, les analyses révèlent 500 milligrammes par litre de nitrates

* S.A.U. : surface agricole utile.

dans l'eau des puits et des sources de Sainte-Anne-sur-Vilaine, 350 mg/l à Peillac, 250 mg/l dans six autres communes de la région de Redon.

La Bretagne est malade de son eau

Ces chiffres impitoyables indiquent une qualité d'eau inacceptable pour quelque usage que ce soit. Le message est désormais clair : la ressource eau peut devenir inutilisable, alors qu'elle paraissait inépuisable il y a peu de temps encore. Certes, des circonstances particulières (neuf mois de sécheresse suivis d'une période pluvieuse importante) expliquent en partie ce phénomène. Mais, de grâce, ne nous abritons pas derrière le caractère exceptionnel, le jamais vu, pour occulter une fois de plus le vrai problème : la Bretagne est malade, malade de son eau. En moins de vingt ans, par méconnaissance pour les uns, par inconscience pour les autres, par lâcheté pour certains, on a laissé faire, permettant à une maladie insidieuse de gagner du terrain, de s'installer, de pourrir le "sang de la terre", de nous priver du bien le plus précieux, nécessaire à la vie de chaque jour : l'eau.

Les faits sont intraitables : pendant le même mois de février 1990, vingt-deux communes d'Ille-et-Vilaine ont été contraintes de déclarer la distribution au robinet d'une eau contenant plus de 50 mg/l de nitrate, vingt-deux communes du Morbihan ont demandé une dérogation au préfet pour être autorisées à fournir à la population une eau dont le taux de nitrates, dans certaines communes, se rapproche des 100 mg/l.

Cet éclairage ponctuel révèle l'étendue du désastre : en 1988, une commune bretonne sur cinq était concernée par la pollution par les nitrates. Dans 245 communes sur les 1269 que compte notre région, la teneur en nitrates de l'eau du robinet a dépassé au moins une fois au cours de l'année le seuil des 50 mg/l. Les Côtes d'Armor, avec cent cinq communes touchées par le problème, arrivent en tête devant le Finistère. Mais dans ce département, sur les

quatre-vingt-six communes concernées, dix ont distribué au moins une fois cette année de l'eau de consommation ayant une teneur en nitrates supérieure à 100 mg/l. Les départements du Morbihan avec vingt-huit communes et l'Ille-et-Vilaine avec vingt-six communes apparaissent comme les moins touchés.

De déclarations en déclarations

Les faits décidément sont têtus. Ils donnent raison aux propos que je tenais dès 1970, lorsque j'attirais pour la première fois l'attention des pouvoirs publics de notre région sur les dangers de la lente montée des nitrates dans l'eau de nos rivières. Ils refusent de se conformer aux souhaits des administrations et notamment du directeur régional de l'Agriculture qui, à l'époque, désirait ne pas "affoler le public avec des faits qui sortent de l'ordinaire". Les faits contredisent l'optimisme d'un autre directeur régional de l'Agriculture qui, en 1976, déclarait à propos du même message : "les nitrates ne posent pas de problème, et s'ils en posaient nos ingénieurs s'en occuperaient".

Les faits ne veulent pas se plier aux désirs de certains directeurs départementaux de l'Agriculture comme celui du Finistère, qui en 1980, lors de l'élaboration du Schéma d'aptitude à l'utilisation de la mer (SAUM) intervenait en ces termes : "on a tendance à faire le procès de l'agriculture comme activité polluante. Procès non justifié puisque c'est l'agriculture et ses émissions qui permettent la richesse de certaines parties de la rade. Les différentes analyses et prélèvements faits par la DDA n'ont pas montré, jusqu'à présent, de pollution des rivières par l'agriculture. Dès lors le souci de protection des eaux douces comme des estuaires et des rivières de la rade me paraît exagéré". Comme l'est sans doute l'investissement énorme consenti par les conseils généraux des Côtes d'Armor, du Finistère et du Morbihan pour évacuer les quelque 80000 tonnes d'algues vertes qui se déposent certaines années dans les fonds de baies

baies abrités et qui résultent de l'enrichissement des eaux littorales par les nitrates produits par l'agriculture, ainsi que l'a montré l'IFREMER.

Un énorme retard

Les faits donnent tort à cet autre directeur départemental de l'Agriculture qui, en réponse au rapport que nous avons publié en 1981 sur la qualité de l'eau potable en France, écrivait "enfin puisque votre rapport semble se préoccuper tout particulièrement de la présence de nitrates, je souligne que sur toutes les eaux provenant des retenues superficielles, c'est-à-dire 90 % des eaux distribuées en Vendée, grâce à la bonne conception et au bon fonctionnement des usines de traitement, les teneurs en nitrates sont très faibles et toujours inférieures à 10 mg/l. Quant aux eaux provenant des nappes souterraines (10 % des eaux de distribution), elles contiennent il est vrai des doses plus élevées de nitrates mais celles-ci sont le plus souvent inférieures à 40 mg/l et n'atteignent jamais 50 mg/l. J'espère que ces renseignements (...) vous convaincront que les inquiétudes soulevées par la publicité faite à votre rapport ne sont absolument pas justifiées". Si peu, Monsieur le Directeur, que le 19 janvier 1990 le Préfet de Vendée déconseillait fortement de boire l'eau du robinet dans quatre-vingt-dix communes de ce département, si bien protégé par les soins de votre service.

Rappeler ces faits paraît désagréable, mais je l'ai fait pour une raison simple : expliquer le temps de latence qui s'est écoulé entre le diagnostic alarmant des scientifiques et la réaction des pouvoirs publics. Expliquer l'énorme retard pris pour lutter efficacement contre les pollutions diffuses. Ils permettent également de comprendre comment l'attitude de certains services a conduit un Ministre de l'agriculture, breton de surcroît, à écrire en 1978 : "l'agriculture n'a pas, au cours des vingt dernières années, pollué les campagnes françaises : pour ma part je n'y ai constaté aucune dégradation de l'environnement". Il est vrai que deux ans plus tard

le même ministre confiera, en collaboration avec son collègue ministre de l'environnement et du cadre de vie, à la mission Hénin le soin de fournir un rapport sur "Activités agricoles et qualité des eaux". Ce rapport sera à l'origine du Comité d'orientation pour la réduction des phosphates et des nitrates qui, depuis sa mise en place, a effectué un travail conceptuel remarquable.

L'eau : élément du développement économique

L'année 1980 a marqué un tournant. Depuis, la région Bretagne a organisé de nombreuses réunions. L'analyse de la situation, confortée hélas par les dernières années de sécheresse, a permis de franchir des pas décisifs quant à la reconnaissance de l'acuité du problème et aux mesures à prendre. Le rapport "L'eau, enjeu économique majeur" présenté au Comité économique et social de Bretagne en octobre 1988 a été déterminant dans la mobilisation de la région Bretagne et de certains départements comme les Côtes d'Armor. On a enfin pris conscience que l'eau est devenue un élément déterminant pour l'essor économique de la Bretagne, et que le développement d'une agriculture intensive, non respectueuse de l'environnement, constitue un souci constant pour notre région. Le Programme cadre pluriannuel pour la qualité de l'eau en Bretagne (1990-1996) analyse la situation actuelle et indique clairement que, si la dégradation de la qualité de l'eau en Bretagne provient bien des rejets d'eaux usées domestiques et des déversements d'effluents industriels, elle provient aussi des pollutions diffuses d'origine agricole. Il est précisé notamment que le développement de l'agriculture intensive a entraîné une montée des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines et superficielles extrêmement préoccupante, à la fois pour l'alimentation en eau des populations, pour les industries, et même pour les élevages. Le document indique aussi que de "nombreux établissements agro-alimentaires, grands consommateurs d'eau, et par là-même à l'origine de rejets importants, sont implantés en Bretagne : abattoirs, laite-



Nouveau : le discours politique 100 % recyclable !

ries, conserveries". Il n'est pas précisé que le tableau est encore plus désastreux : une étude financée par le Comité technique de l'eau en 1990 montre en effet que nos eaux sont également polluées par les pesticides provenant des bassins versants où l'on cultive du maïs. Les résultats sont inquiétants : 92 % des échantillons d'eau brute prélevés dépassaient la norme d'eau potable CEE (100 nanogrammes par litre dans l'eau distribuée) pour la seule atrazine, et 50 % étaient supérieurs à la norme OMS (établie à 2000 nanogrammes). La concentration maximale a été relevée dans la Vilaine le 22 mai 1990 : 7460 nanogrammes. Sur la plupart des rivières, la présence simultanée de plusieurs pesticides a été constatée à plusieurs reprises. Sur la même Vilaine encore, les concentrations ont atteint 13000 nanogrammes toutes matières actives confondues et 80 % des échantillons prélevés dans les autres rivières dépassaient la norme d'eau potable CEE établie à 5000 nanogrammes quand on analyse l'ensemble des pesticides.

Le constat étant désormais bien établi, on comprend que le programme "Bretagne eau pure" ait clairement identifié

le bassin versant comme unité de gestion et ait considéré qu'il fallait systématiser en priorité la lutte contre les pollutions diffuses d'origine agricole, avec comme objectifs :

- l'amélioration et la protection des eaux potables,
- la sauvegarde de la salubrité des principales zones conchylicoles et de pêche à pied,
- l'amélioration de la qualité sanitaire des eaux de baignade,
- la protection des ressources en eau ayant une importance régionale,
- la préservation des équilibres du milieu naturel.

En finir avec le coup-par-coup

Ce début d'analyse globale, qui démontre à l'évidence que les interactions bassins versants-rivières, eaux douces-eaux littorales marines, commencent à être bien perçues, augure bien de l'avenir... à condition toutefois

de garder les pieds sur terre. Il n'est pas pensable, en fonction de tout ce qui a été dit, de laisser croire qu'il est intéressant de "battre des records nationaux de densité animale à l'hectare", ou que, puisque la moyenne départementale n'est que de cinq porcs à l'hectare, il y a encore des possibilités de développement pour la production dans le Finistère (DDA 29, Ouest-France 26-27 août 1989). Il n'est pas possible non plus de laisser croire aux Bretons d'Ille-et-Vilaine que, parce que le Danemark est contraint pour des raisons environnementales de réduire sa production porcine, il faut profiter de l'occasion pour développer ce type d'élevage dans le département. Il n'est pas raisonnable de continuer à admettre que des élevages puissent être non conformes par rapport à la législation des établissements classés, pas plus qu'on ne saurait admettre des plans d'épandage de lisier aussi ridicules que celui proposé sur 110 ha répartis sur quatorze communes pour un seul élevage (Ouest-France 12-11-1991). Enfin, comment peut-on envisager, alors que les moules de la baie de Saint-Brieuc sont encore interdites à la commercialisation depuis la fin octobre 1991, de laisser se développer des porcheries en baie du Mont-Saint-

Michel au risque de compromettre définitivement le devenir de l'une des régions conchylicoles les plus importantes de France? C'est sur la base d'autorisations au coup par coup, sans vision d'ensemble du développement économique de la région, que nous avons compromis la qualité de nos ressources en eau. De grâce, ne recommençons pas.

Incontestablement, ces deux numéros spéciaux de Penn ar Bed*, faisant suite au n° 90 traitant déjà "le problème de l'eau en Bretagne" (1977), confortent le désir de nombreux élus et administratifs d'agir désormais vite et bien. Ils devraient surtout montrer qu'un problème d'une telle complexité ne peut se traiter au sein d'un seul service, au vu d'une seule expertise. Comme le souligne Barnier (1990) : "Il faut réconcilier — et d'abord réunir — savants, politiques et technocrates dans la même observation, la même humilité, et enfin la même démarche." C'est le vœu que nous formulons pour que la Bretagne, sur la base d'une vision renouvelée de la gestion de son territoire et de ses ressources, puisse aider les Bretons à vivre au pays dans un environnement de qualité.

* N°s 137 et 139.

Caractéristiques piscicoles des cours d'eau bretons

Alain Monnier*



Le Bihan

On trouve en Bretagne quelques cours d'eau qui ressemblent un peu aux torrents de montagne avec une forte pente, des rochers, des eaux fraîches et très courantes et d'autres qui s'apparentent aux paisibles rivières de plaine, notamment ceux qui ont été canalisés. L'essentiel se situe entre ces deux extrêmes. On serait tenté de dire que tout est raisonnable dans ces cours d'eau : longueur, pente, température... sauf les débits dont l'irrégularité est stupéfiante. Cela vaut surtout pour les cours d'eau de la zone schisteuse située à l'est de la Bretagne dans laquelle, passées les crues hivernales, les débits décroissent très rapidement pour tangenter le zéro.

* Délégué régional du Conseil supérieur de la Pêche Bretagne-Basse Normandie (C.S.P.).

Une répartition inégale de la richesse piscicole

La richesse piscicole croît très sensiblement d'est en ouest en relation avec la plus grande régularité des débits tout au long de l'année.

| Départements | 35 | 22 | 56 | 29 | Bretagne |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|----------|
| Biomasse totale Moyenne en kg/ha | 143 | 186 | 205 | 316 | 216 |

Source : inventaires piscicoles réalisés en Bretagne par le CSP depuis 1978. 311 secteurs prospectés sur les quatre départements de la Bretagne administrative.



C.S.P.

Les saumons peuvent sauter jusqu'à 3 mètres de hauteur à condition que la température de l'eau soit optimale (13-20° C) et qu'il y ait au pied de la chute une fosse d'appel suffisamment profonde. Tous les barrages supérieurs à 1 mètre posent de sérieux problèmes à la remontée des saumons.

grande richesse à préserver et à valoriser. Les administrations, les élus, l'opinion publique n'ont pas encore pris l'exacte mesure de l'enjeu et la responsabilité qu'a cette région pour la préservation de ces espèces. Un exemple : il s'est pris, en 1990, 140 saumons à la ligne sur l'axe Loire-Allier, long de 900 km et dans lequel des efforts considérables ont été réalisés depuis 1970 pour restaurer une population de saumon qui aurait disparu sans cela. Dans le même temps, sur le Douron, petit fleuve côtier de la Bretagne Nord, long de 33 kilomètres, il en fut pris 80 ! Sur ce même cours d'eau un barrage infranchissable bloque chaque année plusieurs centaines de saumons, dont une importante proportion périt par suite des blessures ou du braconnage.

Un exemple de plan de restauration: le Trieux

Le Trieux est un petit fleuve côtier situé dans les Côtes-d'Armor, long de 71,4 kilomètres dont 17,9 d'estuaire. Il traverse dans son cours amont une

zone granitique bien arrosée, ce qui en fait une rivière au débit important et soutenu : le débit spécifique moyen est de 13,4 l/s/km². La surface totale de son bassin versant est de 506 km².

C'est un cours d'eau typique en ce sens que, comme partout, on le sollicite pour quantités d'"usages" antagonistes : véhiculer vers la mer la pollution provoquée par 42 000 habitants et 20 établissements industriels et drainer les eaux d'une région truffée d'élevages hors-sol de porcs et de volailles ; produire du poisson dans sept piscicultures industrielles et deux piscicultures de repeuplement ; alimenter les populations en eau potable au moyen de deux importantes prises d'eau ; servir de terrain de loisir pour deux clubs de canoë, deux associations de randonneurs, et pour la population en général que l'on veut pouvoir accueillir dans des aires appropriées ; faire fonctionner les turbines des trois microcentrales encore en activité, situées sur son cours principal ; abriter la faune et la flore sauvage aquatiques ; et enfin, permettre aux deux mille pêcheurs des deux sociétés de pêche locales la pratique de la pêche à la ligne.

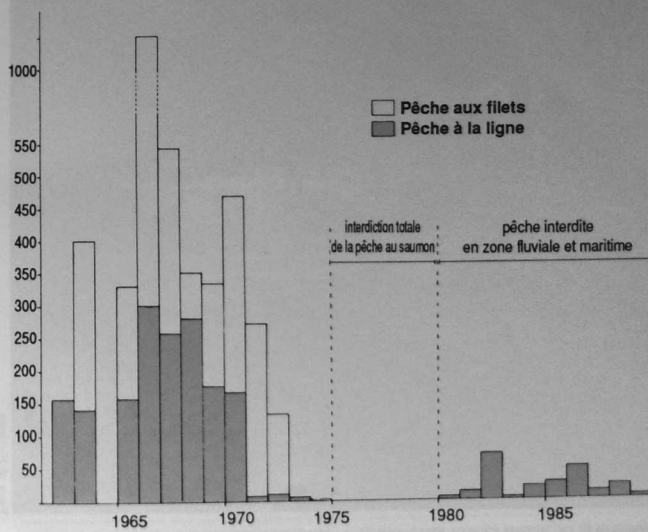
Le saumon a failli disparaître dans le Trieux au début des années 1970, époque à laquelle les captures passèrent de quelques centaines à quelques unités.

Outre le fait qu'il est dangereux pour l'avenir d'une espèce de lui enlever tout intérêt halieutique, l'interdiction totale de la pêche s'est révélée sans effet sur le niveau de la population résiduelle. Il fallait s'attaquer aux véritables causes de disparition : la pollution de la ville de Guingamp notamment qui se trouve située en amont d'importantes zones de frayères ; les importants prélèvements effectués par les pêcheurs maritimes à l'aide de carrelets en aval du barrage de fond d'estuaire ; les difficultés de circulation du poisson, liées au grand nombre de petits barrages et à la faible hydraulité de la décennie 70. Même de faible hauteur, un barrage pose toujours de sérieux problèmes par suite de la mauvaise répartition du débit entre le cours naturel de la rivière et le bief d'alimentation du moulin. Les

poissons bloqués se blessent et souvent meurent ou sont braconnés. Il serait intéressant de connaître le niveau actuel de la population et ses fluctuations pour voir comment réagit le stock aux diverses améliorations ou dégradations du milieu et adapter la gestion. En l'absence de station de comptage, il faut se contenter d'un indicateur assez pertinent, lorsque les conditions sont favorables : le comptage des frayères. Les deux derniers réalisés en 1988 et 1989 ont permis d'observer respectivement 37 et 33 frayères, ce qui est dérisoire pour un cours d'eau comme le Trieux et confirme le très faible niveau des effectifs.

Reconquérir le milieu

Engagée à partir du début des années 1980 dans le cadre d'un contrat de rivière, la réduction des



Evolution des captures annuelles de saumons dans le Trieux. (source : centre de traitement des captures de saumons - C.S.P.)

rejets et leur traitement ont donné des résultats spectaculaires dès 1985. Les indices biotiques sont remontés, notamment à l'aval de Guingamp où ils sont passés de 2 en 1972 à 5,5 en 1978 et 8,5 en 1984.

De 1980 à 1989, dix-sept aménagements furent réalisés pour une dépense de 873 000 F, en vue de permettre la remontée des saumons adultes vers leurs zones de frayères et la dévalaison des juvéniles lorsqu'ils entament leur migration vers l'océan. Les aménagements dont il est question sont fort délicats à mettre au point et font appel à une ingénierie très particulière dont les succès sont très récents et jamais totalement assurés. Le bon fonctionnement d'une passe à pois-

sons dépend de nombreux paramètres propres à l'ouvrage : dimensionnement, pente, localisation sur le barrage, et, indépendants de celui-ci : taille des poissons, température de l'eau, entretien de la passe, débits anormaux, etc.

Le Trieux, comme l'ensemble du réseau hydrographique, a souffert du défaut d'entretien. La plupart des riverains ayant là, comme partout ailleurs, arrêté d'entretenir le lit et les berges au droit de leur propriété.

Deux types d'opérations ont été conduites : les nettoyages de cours d'eau (enlèvement des embâcles, débroussaillage des rives, recépage du taillis, élagage des arbres sélectionnés pour demeurer en place, etc. Quarante-

neuf kilomètres de cours d'eau ont ainsi été nettoyés de 1975 à 1989 pour une dépense de 663 000 F, et des suppressions de biefs.

L'arasement d'un barrage ayant perdu toute utilité contribue d'une manière encore plus décisive à la restauration du milieu. L'eau redevient courante et peu profonde, la vase et les poissons nuisibles aux salmonidés disparaissent. La qualité de l'eau s'améliore, car il y a abaissement de la température, augmentation de la teneur en oxygène, et une meilleure minéralisation des matières organiques dans le tronçon concerné.

Enfin, les salmonidés retrouvent un habitat propice, aussi bien à la fraie qu'à la croissance des juvéniles. C'est ainsi que de 1980 à 1989 furent restaurées 2 900 m de frayères pour une dépense insignifiante de 37 000 F grâce à l'arasement de six barrages.

Repeupler artificiellement

Au fur et à mesure que le milieu s'améliore, il devient tentant d'activer la reconstitution du stock en repeuplant artificiellement. Dans le cas du saumon, les seuls géniteurs que l'on peut espérer voir revenir dans une rivière sont des rescapés des juvéniles produits par cette rivière. Il s'agit bien de rescapés puisque, selon les rares données dont on dispose, les smolts (1) ne sont plus que 10 % des alevins âgés de quelques mois, et les adultes de retour dans la rivière, 10 % des smolts contrôlés en rivière. Il s'agit d'approximations très fluctuantes selon les données climatiques, les milieux concernés, mais dont il est important de se souvenir comme ordre de grandeur. Nous ne parlons pas des pertes inévitables et encore plus fluctuantes entre le stade de l'œuf fécondé et celui du jeune alevin. Pour 100 alevins introduits dans la rivière au mois de juin, il ne faut guère compter plus d'un adulte de retour dans la rivière d'origine. De 1975 à 1984 des repeuplements furent tentés



Cet alevin de saumon n'a pas encore résorbé sa vésicule. Mieux adaptés que leurs prédateurs pour vivre en eau très courante, les jeunes salmonidés trouvent un refuge permanent dans les rapides peu profonds.

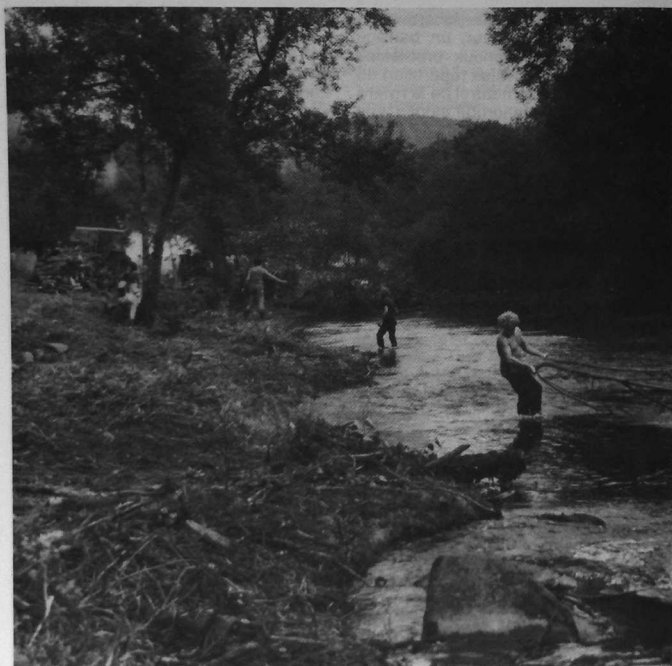
chaque année avec des œufs, des alevins à différents stades et même des tacons (2), hélas sans succès. Les quantités déversées ont été dérisoires puisque sur dix années l'on n'a mis que 125 300 œufs, 80 000 alevins et 44 000 tacons. Un tel déversement aurait eu un impact s'il avait été annuel, compte tenu des taux de survie et de retour observés depuis. Le matériel n'était pas forcément adapté, les déversements d'œufs et de très jeunes alevins sont plus aléatoires que les lâchers de tacons. Son origine n'a certainement pas arrangé les choses puisque devant la difficulté d'un approvisionnement en produits d'origine bretonne, il a fallu se contenter d'acheter des œufs à l'étranger (Écosse - Scandinavie). Mais la cause principale de l'inefficacité de ces repeuplements vient de ce que le milieu n'était pas encore en état de les recevoir.

Le Trieux est par ailleurs soumis aux dispositions de l'article L.232-6 du Code Rural qui oblige chaque propriétaire d'ouvrage à aménager et entretenir un dispositif assurant la circulation des poissons migrateurs (Loi pêche du 29 juin 1984 et arrêté ministériel du 2 janvier 1986).

En application de la loi du 15/07/80, le décret du 08/06/84, complété par celui du 12/03/86 a classé l'ensemble du

(1) Juvénile venant de se métamorphoser après un à deux ans de vie en eau douce pour migrer vers les zones de grossissement en mer.

(2) Nom donné au jeune saumon lors de sa phase de grossissement en eau douce. Stade compris entre celui de l'alevin et du smolt.



Eaux et Rivières

Quand la végétation devient trop encombrante, l'eau circule mal, la lumière arrive en trop faible quantité pour les végétaux aquatiques et la pêche devient impraticable. Il faut alors retrousser ses manches !

Trieux et de ses affluents comme "cours d'eau réservé", ce qui interdit l'installation de toute nouvelle centrale hydroélectrique.

Un arrêté interdit la capture des salmonidés dans l'estuaire en zone maritime depuis 1976. Il s'y prenait dans les années 1960 plusieurs centaines de saumons chaque année au filet. Et sur la rivière, les zones où le saumon est le plus vulnérable ont été mises en réserve par arrêté préfectoral.

Avant 1980, les pêcheurs avec leurs organismes ont été les principaux acteurs et les seuls financeurs pour les nettoyages de cours d'eau et les aménagements de passes à poissons. Puis fut mis en place un contrat de rivière, associant tous les partenaires financiers : l'État (Ministère de l'Environnement), le département des Côtes-d'Armor, les communes par le biais du S.I.A.T., l'Agence de bassin, les pêcheurs et leurs organismes (AAPP, Fédération, Conseil Supérieur de la Pêche).

Le contrat de rivière permet en outre d'obtenir des subventions de l'État et de l'Agence de l'Eau à des taux supérieurs aux taux habituels. Il donna un nouveau souffle aux travaux d'aménagement de barrages et aux nettoyages de cours d'eau, et permit de régler le très gros problème du traitement des effluents.

Établir un plan d'action pour 1990-94

Une réflexion est en cours en vue d'établir un nouveau plan d'action en faveur de ce cours d'eau dont on espère qu'il sera décisif cette fois. Les étapes de la réflexion seront les suivantes : analyse de l'état actuel et des opérations passées, recensement des facteurs limitants, liste des actions à mettre en œuvre pour y remédier. Pour chaque action, on recherchera les partenaires techniques et financiers, on proposera un échéancier et des indicateurs permettant un suivi.

Mais, actuellement, plusieurs facteurs sont limitants.

Eu égard à la potentialité du bassin versant le stock se révèle insuffisant. A la lumière des expériences antérieures, il s'avère nécessaire de mettre en place une filière permettant de produire des jeunes saumons de repeuplement d'origine locale si possible, en nombre et au stade de développement voulus.

Les poissons circulent avec difficultés. Vingt-cinq obstacles ont été jugés encore difficilement franchissables sur le cours principal et deux sur les affluents. Les équiper au moyen de passe à poissons ou les araser nécessitera pour environ 3 300 000 F de travaux.

La pollution persiste. Il faudra s'intéresser plus que par le passé à la pollution diffuse et à celle provoquée par les piscicultures industrielles.

Le stock actuel et son évolution sont méconnus. Il faut donc poursuivre les comptages annuels de frayères tels qu'ils ont été pratiqués en 1988 et 1989 et le cas échéant, installer un dispositif de comptage des poissons remontant et descendant.

Les risques demeurent en matière de pathologie liés à l'implantation de piscicultures industrielles dans le bassin du Trieux. Une surveillance accrue de ces établissements et, le cas échéant, une révision des actes d'autorisation seront demandées à l'administration.

Il existe un danger de surexploitation de la ressource en zone maritime. Une collaboration harmonieuse sera nécessaire entre les agents du Conseil Supérieur de la Pêche et ceux des Affaires maritimes pour maintenir dans l'estuaire des conditions de pêche compatibles avec la ressource disponible et la surveillance que cela nécessite.

Une vingtaine de biefs abandonnés sont responsables d'une dégradation de l'habitat (ensablement - réchauffement). L'arasement des seuils doit être envisagé. Il subsiste aussi quelques tronçons le long desquels lits et berges sont abandonnés.

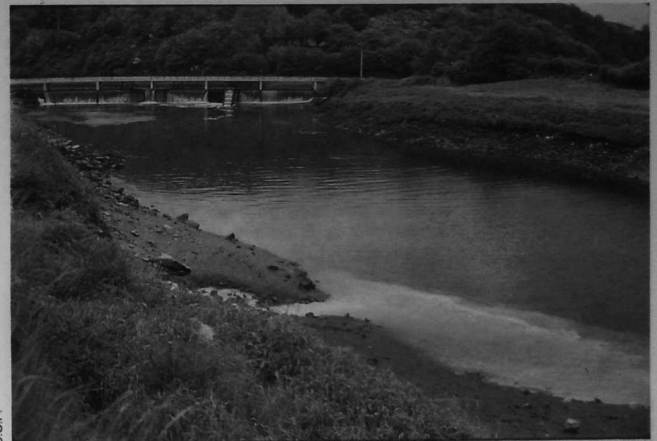
Enfin, on ne trouve pas de consensus entre tous les partenaires sur les objectifs recherchés. Les pêcheurs, les associations de protection de la nature,

le public, les propriétaires riverains, les administrations concernées (Agriculture, Équipement, Affaires maritimes, Environnement, Tourisme), les collectivités locales (communes, syndicat du Trieux), département, l'Agence de bassin, le Conseil Supérieur de la Pêche, ... doivent rechercher sur chaque point un terrain d'entente.

Rassembler toutes les énergies

A travers cet exemple assez caractéristique l'on prendra conscience de la multitude des facteurs entraînant la raréfaction d'une espèce de poisson migrateur, dans certains cas sa dispa-

rition. Pour mener à bien un programme de restauration, il faut s'attaquer simultanément à tous les facteurs limitants et l'on est condamné, pour réussir globalement, à agir sur chacun. De sorte que l'entreprise est devenue complexe et gourmande en moyens. Il faut alors rassembler toutes les énergies et mobiliser le plus grand nombre de partenaires, notamment financiers. Mais quelle belle récompense lorsqu'après cinq ou dix ans d'efforts, l'on voit revenir dans une rivière, qu'ils avaient désertée depuis longtemps, des saumons sauvages et libres. C'est une façon de se prouver que le recul de la nature n'est pas inéluctable. C'est pour tous ceux qui s'intéressent à la rivière l'indicateur le plus pertinent et le plus prestigieux d'une reconquête de la qualité.



a.
G.
C.

Dès son entrée dans l'estuaire du Trieux, le saumon est confronté aux rejets de la Laiterie Moderne du Trégor (au premier plan) puis il doit trouver une solution pour franchir l'obstacle que constitue le barrage de Goas Vilinic (à l'arrière plan).

L'envasement des étangs, lacs et rivières de Bretagne

Alain Jigorel *

Le phénomène d'envasement est observé dans un grand nombre de lacs et rivières de Bretagne. Tout le monde s'accorde à dire, à partir d'observations précises, que le phénomène s'est amplifié ces dernières années. Cette accélération de l'envasement est généralement attribuée à une recrudescence de l'érosion des sols consécutive aux opérations de remembrement. La destruction massive des talus du bocage breton, et le développement de la culture du maïs qui représente désormais 23 % de la surface agricole utile (S.A.U.) et laisse les sols nus pendant de longues périodes, seraient responsables d'une érosion plus importante des sols, puis, par voie de conséquence, de l'envasement des plans d'eau.

En l'absence d'étude globale, il est difficile de juger à la fois de l'importance réelle du phénomène et de son évolution récente. Etant donné le rôle primordial de l'eau dans la vie économique de notre région, mis en évidence un peu plus en 1989 à la suite d'une période de sécheresse exceptionnelle, les gestionnaires des ressources en eau se préoccupent désormais de plus en plus du problème de l'envasement, à la fois pour sauvegarder la qualité des réserves en prenant des mesures appropriées et pour prévoir leur ges-

tion. Un envasement généralisé des rivières et retenues en Bretagne aurait des conséquences néfastes, à la fois sur la qualité des eaux de surface et sur l'environnement, mais également sur l'économie.

Un préjudice économique non négligeable

L'envasement rapide et imprévu d'une retenue peut avoir des conséquences économiques importantes. Ainsi, des collectivités locales qui ont créé des

plans d'eau de faible profondeur, pour y développer des activités de loisirs, se retrouvent parfois confrontées à l'envasement généralisé de leur réservoir après seulement quelques années.

Outre les désagréments créés aux usagers, un envasement excessif contribue aussi à dégrader la qualité des eaux et à favoriser des conditions d'anoxie pour les poissons. L'envasement d'une retenue peut aller jusqu'à son remplissage total et dans ce cas, pour rétablir ou maintenir les activités de loisirs, il est indispensable de réaliser un curage à renouveler périodiquement. Le curage d'un plan d'eau est une opération coûteuse qu'il faut prévoir et intégrer dans les budgets de fonctionnement des collectivités locales qui en assurent la gestion. Lorsque ces opérations doivent être renouvelées trop souvent, les frais à engager sont si élevés qu'ils ne peuvent être supportés par les seules ressources des collectivités. De plus, quelles que soient les techniques retenues, il n'est généralement pas possible pendant ces opérations de curage de maintenir toutes les activités économiques dépendantes de la retenue : production d'eau potable, production électrique, natisme, pêche, tourisme... Aux frais

de dévasement il faut donc parfois ajouter un préjudice économique non négligeable.

L'envasement accéléré d'un lac créé pour la production d'eau potable a une incidence directe sur le volume utile de la réserve mais également sur la qualité de l'eau. Les sédiments sont un réservoir important de fertilisants et contribuent de ce fait au processus d'eutrophisation. Les phosphates qui sont présents en abondance dans les sédiments favorisent le développement exubérant des algues microscopiques du phytoplancton, surtout en période estivale. Cette prolifération algale rend alors plus difficile et plus coûteuse la production d'eau potable : les filtres se colmatent et il est nécessaire d'utiliser une plus grande quantité de réactifs pour traiter l'eau qui a alors un mauvais goût, en l'absence de traitement au charbon actif.

Connaître parfaitement la nature des phénomènes

Si les agents qui favorisent une eutrophisation des plans d'eau sont maintenant bien connus, il apparaît néan-



M. Paugam

Important affleurement de vase à la surface d'un étang.

*Institut national des sciences appliquées, Rennes.

moins que les phénomènes observés sont très complexes. Il serait donc imprudent de déduire, à partir d'études ponctuelles, des lois générales qui s'appliqueraient d'une manière systématique à tous les milieux aquatiques, sans tenir compte des spécificités naturelles du site et de la région ainsi que des activités humaines. Les actions à entreprendre pour tenter de sauvegarder ou restaurer un milieu aquatique ne peuvent être efficaces que si l'on connaît parfaitement la nature des phénomènes en cause et leur origine. Les centres et laboratoires de recherche, les bureaux d'étude sont en mesure d'apporter une réponse aux problèmes posés. L'expérience montre que bien souvent, les études globales, pluridisciplinaires permettent de mieux atteindre les objectifs. C'est avec une telle démarche que les diverses études des retenues départementales des Côtes-d'Armor ont été menées depuis plusieurs années.

Les conséquences économiques liées à l'envasement accéléré des retenues ont été jugées suffisamment importantes par le Conseil Général du département des Côtes-d'Armor pour entreprendre une étude globale du phénomène de sédimentation dans les principales retenues créées par le Département pour l'alimentation en eau potable. L'étude en cours qui a été confiée au Laboratoire de Minéralogie et Géotechnique de l'I.N.S.A. de Rennes est effectuée sous la responsabilité et en collaboration avec les services compétents de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (D.D.A.F. 22) et du Service Départemental de l'Agriculture et de l'Environnement (S.D.A.E. 22). Une partie des analyses physico-chimiques des sédiments est effectuée par le Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés de l'Université de Rennes-I. A ce jour, le suivi de la sédimentation est effectué sur les deux principaux réservoirs du Département.

La retenue du Gouet

– le lac du Gouet créé en 1978 par la construction du barrage de la Méaugon. Ce réservoir de 7,9 millions de m³

alimente essentiellement la région de Saint-Brieuc ;

– le lac de l'Arguenon créé en 1974 par la construction de La Ville-Hatte. Ce réservoir de 11,5 millions de m³ alimente toute la zone est du département des Côtes-d'Armor.

Les suivis de la sédimentation dans les retenues du Gouet et de l'Arguenon, qui ont respectivement débuté au mois d'avril 1988 et au mois de juin 1989, ont été poursuivis pendant toute l'année 1990. Les premières conclusions des études en cours, présentées ici, se rapportent essentiellement à la retenue du Gouet, car la durée du suivi, qui est à ce jour de deux ans, a permis de bien comprendre à la fois l'importance et l'origine du phénomène de sédimentation dans un lac en voie d'eutrophisation.

Le Gouet est un petit fleuve côtier qui prend sa source sur la bordure sud du massif granitique de Quintin, au pied de la colline de Kerchouan, qui culmine à 320 mètres d'altitude. Il se jette dans la Manche en baie de Saint-Brieuc, après un parcours d'une quarantaine de kilomètres. Le barrage du Gouet est situé à proximité de La Méaugon. A ce niveau, la vallée du Gouet est très encaissée et son verrouillage a permis de créer un important réservoir d'une superficie totale de 82 hectares à la cote maximale, le volume d'eau correspondant étant 7,9 millions de m³. La hauteur du barrage est de 37 mètres. Le lac a une longueur importante, voisine de 7 kilomètres, mais une largeur faible, le plus souvent comprise entre 100 et 200 mètres. Le bassin versant a, au niveau du barrage, une superficie de 200 km².

A l'amont de la retenue, les affluents du Gouet ont sensiblement la même importance sur ses deux rives. Les principaux sont :

– sur la rive gauche : les ruisseaux de Kerbeuf, La Bronce, La Noë Sèche, Le Crenan ;

– sur la rive droite : les ruisseaux du Moulin du Bois, de Saint-Eutrope et du Pas, de Saint-Germain et de La Ville Bresset.

Plusieurs tributaires se jettent directement dans le lac. Ce sont les ruisseaux

des Châtelets et de La Pommerale sur la rive droite, de Gourgou, de La Salle et enfin de la Maudouve qui est le plus important, sur la rive gauche. Si l'on considère les débits des divers tributaires du lac, seuls le Gouet et la Maudouve sont susceptibles d'apporter des quantités relativement importantes de sédiments.

Les données hydrologiques du Gouet sont fournies par la station de jaugeage de Saint-Julien qui est située à l'amont immédiat de la retenue. Le bassin versant a une superficie de 138 km² à l'amont de la station. Ces relevés, qui présentent un grand intérêt car ils sont réalisés à proximité du lieu de l'étude, sont de plus indispensables pour interpréter les phénomènes sédimentologiques observés dans la retenue.

Les précipitations annuelles décroissent nettement de l'amont du bassin versant vers l'aval. Comprises entre 900 et 1 000 mm dans le secteur le plus

élevé du bassin, à proximité de la source du fleuve, elles chutent à des valeurs voisines de 700 mm dans la région de Saint-Brieuc, c'est-à-dire à proximité de l'embouchure du Gouet. Le gradient des précipitations annuelles est donc très élevé, voisin de 100 mm pour 10 km, du sud vers le nord du bassin versant.

Les courbes de variations annuelles des débits moyens mensuels mesurés à Saint-Julien donnent un débit moyen mensuel du Gouet de 1,9 m³/s pour la période 1979-1987, avec un maximum de 3,57 m³/s en janvier et un minimum de 0,47 m³/s en août. Ces résultats montrent que, comme pour toutes les rivières de Bretagne, soumises à un régime pluvial océanique, le Gouet a ses débits les plus élevés en hiver et les plus faibles en été. Il faut souligner que les débits d'étiage sont dans le cas présent relativement bien soutenus, car les formations d'altération (arènes) des massifs granitiques du bassin versant constituent d'assez bons réservoirs.

Les caractéristiques hydrologiques pendant la durée de l'étude apparaissent très contrastées et éloignées des conditions moyennes. L'année 1988 a été marquée par des crues d'une ampleur exceptionnelle au mois de février, c'est-à-dire deux mois avant la mise en place des premiers appareils de mesure, dans le lac. Pendant le mois de février 1988, les débits absolus ont dépassé 15 m³/s à Saint-Julien à deux reprises et ont donc été deux fois plus élevés que ceux enregistrés pour les plus fortes crues de 1987. Les crues des mois de mars et avril 1988 sont par contre assez proches de celles généralement observées au printemps, les débits absolus étant compris entre 6 et 8 m³/s. La fin de l'année 1988 et toute l'année 1989 ont été caractérisées par un important déficit pluviométrique qui s'est traduit par des débits moyens mensuels anormalement bas.

Choisir une méthode

L'objectif de l'étude était de caractériser qualitativement et quantitativement la sédimentation dans le lac et plus particulièrement dans la queue de retenue

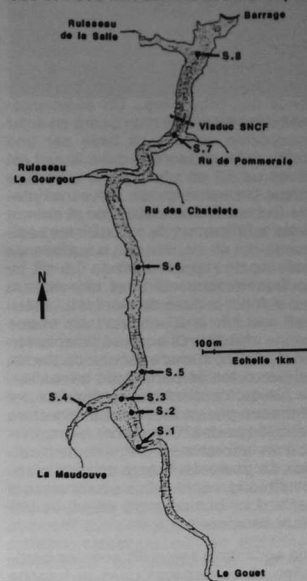


Fig. 1: Plan, de la retenue du Gouet - situation et numérotation des sédimentomètres.

qui constituait a priori une zone d'envasement privilégiée. Si l'analyse qualitative des sédiments ne présentait pas de difficultés particulières, car nous pouvions réaliser facilement des prélèvements de sédiments à l'aide d'une drague manuelle à la fois dans la basse vallée du Gouet et dans la queue de retenue, il était beaucoup moins aisé de faire une étude globale de la sédimentation dans une retenue aussi importante. Diverses méthodes pouvaient être envisagées et parmi celles-ci, nous pouvons citer la mesure directe des épaisseurs de sédiments et la mesure des débits solides.

L'importance de la sédimentation dans une rivière, un étang ou une retenue de faible profondeur peut être déterminée par la mesure directe des épaisseurs de vases et sédiments. Dans le cas de lacs profonds comme celui du Gouet, où la hauteur d'eau est pour l'essentiel de sa surface, supérieure à 10 mètres, il aurait été nécessaire d'utiliser des moyens lourds et onéreux pour réaliser les carottages permettant de déterminer les épaisseurs de sédiments. Le volume global des sédiments déposés dans la retenue n'aurait pu, de plus, être estimé avec une bonne précision, qu'en réalisant un grand nombre de carottages. L'opération qui aurait été très coûteuse aurait permis de bien connaître l'état d'envasement du lac, à un moment donné, mais n'aurait donné aucune indication sur l'évolution actuelle du phénomène.

L'étude de la sédimentation dans une retenue peut également être effectuée par la mesure des débits solides des principaux tributaires. En Bretagne, les débits solides sont très faibles en période d'étiage et, les apports sédimentaires les plus importants ont lieu pendant les très fortes crues. En règle générale, les quantités de sédiments transportés par les rivières pendant les plus fortes crues, qui ne durent que quelques jours par an, sont plus importantes que celles apportées pendant tout le reste de l'année. Les débits solides ne peuvent donc être déterminés par des mesures ponctuelles, mais nécessitent l'emploi d'appareils à prélèvements continus, les quantités prélevées devant être proportionnelles aux débits instantanés des rivières. Avec un

tel dispositif, la sédimentation éventuelle liée à la production primaire du lac n'est pas évaluée.

Le sédimentomètre

De ce fait, après avoir procédé à une analyse qualitative des sédiments du lac à l'état initial, et pour limiter les coûts de l'étude, nous avons utilisé un appareil de mesure, le sédimentomètre, qui s'est avéré à l'usage, particulièrement adapté à l'étude en continu de la sédimentation dans les étangs, lacs et retenues artificielles à vitesses de courant faibles. Le sédimentomètre utilisé a été conçu et réalisé à l'Institut National des Sciences Appliquées (I.N.S.A.) de Rennes et a fait l'objet d'un dépôt de modèle à l'Institut National de la Propriété Industrielle (I.N.P.I.). Le sédimentomètre, qui est analogue au pluviomètre, est posé sur le fond du lac. Le nombre d'appareils mis en place et leur répartition sont établis en fonction des conditions locales : morphologie et surface du plan d'eau, nombre et importance des tributaires... Un sédimentomètre est constitué d'un cadre en acier inoxydable, lesté à sa base par une petite dalle de mortier, dans lequel est placé un fût en plastique à ouverture totale. Un entonnoir en acier inoxydable fixé sur le bâti métallique et entrant dans le fût permet de recueillir les sédiments qui se déposent. La surface de collecte de l'appareil est de 0,1 m². Le sédimentomètre est posé directement sur le fond, la dalle de mortier lui assurant à la fois une bonne assise et une bonne stabilité. Chaque sédimentomètre repéré en surface par une bouée est relevé, selon la périodicité souhaitée. Le fût qui contient les sédiments est remplacé par un fût vide. La fermeture hermétique des fûts permet leur transport au laboratoire sans perte de matériau. La pose et le relevé des sédimentomètres qui sont relativement aisés à partir d'un bateau, sont effectués par deux personnes.

Les sédiments recueillis sont les particules en suspension dans la tranche d'eau au-dessus de l'appareil. Seuls les éléments présents dans la tranche d'eau située au-dessous de l'entonnoir



G. Marjolet

Station de jaugeage de Saint-Julien.

ne peuvent être collectés. Cela concerne une hauteur de 0,55 m environ. De ce fait, les sédiments les plus grossiers, roulés sur le fond ne peuvent être recueillis. L'analyse de l'état initial a montré que dans le cas de la retenue du Gouet, ces sédiments ne sont rencontrés que lors des crues exceptionnelles, dans la queue de retenue au niveau de l'ancien lit du fleuve. Ces types d'apports momentanés sont donc peu importants et très localisés. La mise en place des sédimentomètres a été effectuée en plusieurs étapes. Les premiers appareils ont été posés à la fin du mois de mars 1988 dans la queue de retenue du lac, c'est-à-dire dans le secteur où les apports dus aux tributaires principaux, Gouet et Maudouve, étaient jugés les plus importants. Le dispositif avait été établi en fonction du schéma classique où les matériaux transportés en suspension par les rivières décanter dans le lac, à la suite de la chute brutale des vitesses d'écoulement. Les particules les plus grossières, c'est-à-dire les sables, se

déposent à l'exutoire des rivières, tandis que les limons et les argiles décanteront progressivement. La décantation des particules argileuses les plus fines est favorisée par leur état flocculé en eau calme. Dans un premier temps, cinq appareils avaient été disposés dans la queue de retenue Gouet-Maudouve comme indiqué sur le plan de la figure 1. Ce secteur avait été jugé suffisamment vaste pour assurer une décantation totale des apports des rivières. Si les premières mesures étaient tout à fait conformes aux prévisions, celles du mois de juin 1988 ont montré que les dépôts de sédiments étaient cinq fois plus importants dans le lac proprement dit, au niveau de l'appareil n° 5, qu'au débouché des rivières. Il était donc établi que les sédiments déposés dans le lac ne se limitaient pas aux apports des rivières, mais provenaient pour une part essentielle de la production primaire. A la suite de ces observations qui ont été largement confirmées ultérieurement, nous avons complété le dispositif de mesure sur

l'ensemble du lac. Depuis le mois de janvier 1989, ce sont huit sédimentomètres qui fonctionnent en continu et sont relevés régulièrement selon une périodicité voisine de deux mois. Les sédiments recueillis sous forme de boue liquide sont déshydratés au laboratoire pour être étudiés. Les analyses suivantes : granulométrie, minéralogie, teneurs en matières volatiles, teneurs en cuivre et en phosphore, sont effectuées de manière systématique sur tous les échantillons recueillis.

Les sédiments déposés dans le lac sont constitués de deux fractions, d'origine bien distincte. La première allochtone est due aux apports des rivières, tandis que la seconde autochtone résulte de la production primaire du lac.

Du sable à la vase

Une part variable selon les sites est formée d'éléments terrigènes issus de l'érosion des sols et transportés par les rivières. Le bassin versant étant de nature granitique, les constituants sont essentiellement le quartz, la biotite, les feldspaths et divers minéraux argileux. L'étude détaillée des dépôts consécutifs aux crues exceptionnelles de février 1988 a permis de bien caractériser la sédimentation d'origine détritique de la basse vallée et de la queue de retenue du Gouet. Tous les sédiments déposés pendant cette période ont sensiblement la même composition minéralogique, mais ils se distinguent selon le lieu de dépôt par leurs caractéristiques granulométriques. Pendant les très fortes crues, les rivières charrient des quantités non négligeables de sables. Les sables grossiers ne parviennent pas jusqu'au lac, mais sont déposés en bordure du lit des rivières, en quelques points bien localisés sous forme de bancs ou de cordons. Le dépôt des sables fins s'effectue en bancs au débouché des rivières dans le lac, tandis que les éléments plus fins argilo-limoneux transportés en suspension décantent progressivement dans la queue de retenue. Ainsi on observe une diminution régulière du pourcentage de sables fins dans les

sédiments et corrélativement un accroissement de la fraction argileuse, au fur et à mesure que l'on s'éloigne du débouché des rivières. L'examen comparé des caractéristiques granulométriques des dépôts montre que l'influence des courants ne se fait guère sentir au-delà du site n° 3, même lors des crues exceptionnelles. De ce fait, tous les apports terrigènes du Gouet et de la Maudouze sont décantés à l'amont du site n° 5.

En résumé, la faible compétence des rivières ne permet pas, même en périodes de fortes crues, un apport significatif de sables grossiers dans la retenue. Les sédiments transportés par les rivières et déposés dans le lac ont une texture sableuse fine et limono-argileuse (figure 2).

Le rôle essentiel de la production primaire dans le processus de sédimentation a été mis en évidence dès les premiers relevés des appareils. Depuis sa mise en eau en 1978, le lac subit un phénomène d'eutrophisation qui se traduit d'une manière bien visible et parfois spectaculaire par la formation de fleurs d'eau au printemps et en été. La prolifération du phytoplancton et en particulier des algues microscopiques de la classe des diatomées favorise la sédimentation d'origine biologique. Un échantillon de vase séché à l'air apparaît donc constitué d'un mélange dans des proportions variables, de minéraux, de frustules de diatomées et de matières organiques (figure 3).

L'examen systématique, au microscope électronique à balayage (MEB), des vases et sédiments recueillis dans les sédimentomètres, a permis d'apprécier les parts respectives des éléments minéraux et des tests de diatomées. Pour faciliter l'observation des sédiments, nous avons procédé à la destruction préalable, à l'eau oxygénée, de la matière organique qui recouvre et masque les autres constituants. Après traitement, il ne subsiste plus dans le sédiment que les éléments minéraux et les divers tests d'origine biologique. Parmi ceux-ci, les tests de diatomées, qui ont la particularité d'être siliceux, sont généralement bien conservés et faciles à reconnaître. Les frustules de diatomées ont des formes variées et une ornementation fine

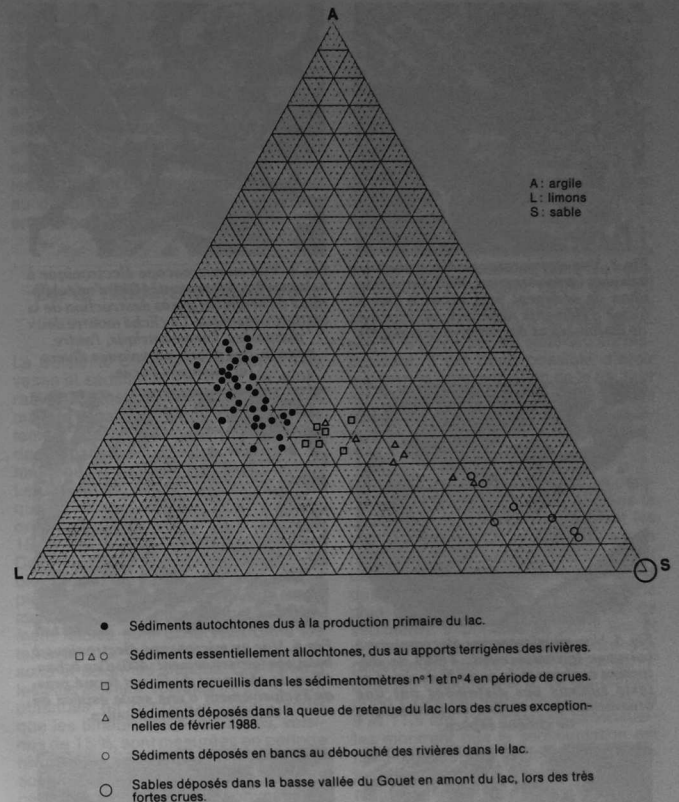


Fig. 2. Évolution des caractéristiques granulométriques des sédiments déposés dans le barrage et la basse vallée du Gouet.

caractéristique de chacune des espèces. Lorsqu'ils sont fragmentés, les tests sont repérés par le détail de leur ornementation.

Les résultats de l'examen au MEB montrent que dans la queue de retenue du lac, les espèces de diatomées sont variées, les pennées étant aussi abondantes que les centriques (figure 4), tandis que dans le lac lui-même, et

quelle que soit la saison, c'est une diatomée centrique du genre *Melosira* (*Melosira italica*) qui domine très nettement (figure 5), au point de former la totalité des sédiments de la station n° 8 (figure 6). La prédominance d'une seule espèce de diatomée est assez fréquente dans les lacs. Ainsi dans le lac de l'Arguenon, c'est une diatomée pennée, *Fragilaria crotonensis*, qui, par son abondance et sa répartition, a un



Fig. 3. Vue au microscope électronique à balayage (grossissement : 400) d'un échantillon de sédiment brut séché à l'air et formé d'éléments minéraux, de frustules de diatomées et de matières organiques.

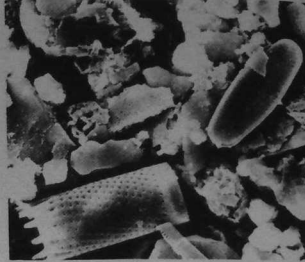


Fig. 4. Vue au microscope électronique à balayage (grossissement : 4000) d'un échantillon de sédiment après destruction de la matière organique. Le cliché montre deux diatomées, l'une centrique, l'autre pennée, des débris organiques divers et quelques micas.

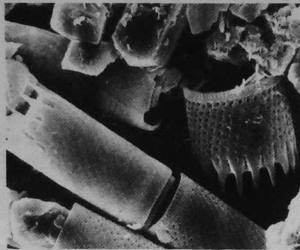


Fig. 5. Vue au microscope électronique à balayage (grossissement : 4000) de diatomées centriques du genre *Melosira*. Les tests siliceux des diatomées ont une ornementation très fine caractéristique de chaque espèce.

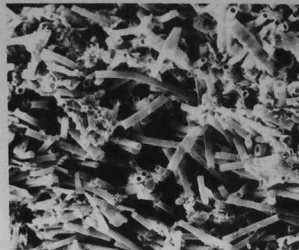


Fig. 6. Vue au microscope électronique à balayage (grossissement : 400) d'un échantillon de sédiment du Gouet formé presque exclusivement d'une seule espèce de diatomée : *Melosira italica*.



Fig. 7. Vue au microscope électronique à balayage (grossissement : 1000) d'un échantillon de sédiment du lac de l'Arguenon formé essentiellement d'une diatomée pennée : *Fragilaria crotonensis*, associée à quelques diatomées centriques.



Fig. 8. Vue au microscope électronique à balayage (grossissement 1000) d'un sédiment du Gouet qui contient des chlorophycées : *Staurostrum gracile* et *Cosmarium reniforme*, associées à des diatomées centriques et pennées.

rôle analogue à *Melosira italica* dans le lac du Gouet (figure 7). Les frustules de diatomées forment toujours, et pour toutes les stations, la part essentielle et nettement dominante de la fraction argilo-limoneuse des sédiments. Les éléments minéraux, partout présents en proportion variable dans la fraction sableuse fine, sont majoritaires dans les sédiments des deux stations situées au débouché des rivières et déposés en période de fortes crues.

De la matière organique

Le troisième constituant essentiel des vases et sédiments est, avec les minéraux et les tests d'origine biologique, la matière organique. Celle-ci est correctement approchée par la détermination des matières volatiles, selon la méthode de la perte au feu à 550° C. Les résultats des analyses montrent que la teneur moyenne en matières organiques est élevée et voisine de 19 % du poids sec des sédiments. Celle-ci traduit la forte participation biologique, en particulier du phytoplancton, dans le phénomène de sédimentation. Des fluctuations relativement faibles sont observées dans les teneurs, à la fois en fonction des saisons et selon les stations. Les valeurs les plus élevées, voisines de 23 %, sont obtenues en période estivale, tandis que les teneurs les plus basses, voisines de 15 %, sont mesurées en période hivernale. Les taux plus élevés en été sont le résultat de l'explosion, pendant cette période, de chlorophycées et cyanophycées. Outre les diatomées, il se développe de nombreuses espèces d'algues telles que *Cosmarium reniforme* et *Staurostrum gracile*, chlorophycées très communes dans le lac du Gouet (figure 8).

Pour les stations 1 et 4 qui sont respectivement situées dans le bras du Gouet et de la Maudouve, les fluctuations des teneurs en matières organiques sont indépendantes de celles observées dans le lac lui-même. En période de crues, les apports terrigènes forment la fraction dominante des sédiments et corrélativement la fraction organique d'origine biologique est moindre. En

hiver, le taux de matières organiques augmente très légèrement en raison de l'apport par les rivières, de feuilles et débris végétaux du bassin versant qui se déposent au voisinage de ces deux stations. Globalement, le pourcentage de matière organique varie peu selon les sites et les saisons. Ces résultats montrent que la forte participation du phytoplancton, et en particulier des diatomées, tend à uniformiser les caractéristiques des sédiments.

Les mesures bimestrielles effectuées sur les vases recueillies dans les sédimentomètres pendant deux ans ont montré qu'il existe une excellente corrélation entre la hauteur de vase déposée et le poids sec du matériau correspondant. Il est donc possible d'avoir une bonne approximation de la hauteur de l'envasement annuel pour chaque station à partir des quantités de sédiments recueillies dans les divers appareils.

En 1988, le dispositif de mesure comportait cinq appareils répartis dans la queue de retenue du lac. Ce sont les sédimentomètres n° 1 et n° 5, situés respectivement au débouché du Gouet dans le lac et à l'extrémité aval de la queue de retenue, qui ont collecté le plus de sédiments. Les quantités de sédiments, exprimées en poids sec et déposées pendant huit mois sont respectivement de 20 kg/m² et 27 kg/m² pour les stations 1 et 5, ce qui correspond à des hauteurs d'envasement de 9 et 11,5 cm. Les mesures bimensuelles montrent que la sédimentation est maximale depuis la fin du printemps jusqu'au début de l'automne et minimale en hiver.

Le graphique de la figure 9 montre très nettement que la sédimentation est quatre fois plus importante pendant la période mai-juin que pendant la période novembre-décembre. Si les quantités de sédiments recueillies dans les appareils n° 1 et n° 4 sont pour partie liées aux apports terrigènes des rivières en périodes de crues, il apparaît toutefois que l'importance de la sédimentation est nettement plus dépendante du développement du phytoplancton que des apports des rivières. La quantité moyenne de sédiments déposés dans la queue de retenue du lac, pendant les huit mois du

suivi de 1988, est de 12 kg/m² de matériau sec, ce qui correspond à un envasement de 5 à 6 cm.

Influence de la sécheresse

L'année 1989 a été marquée par un fort déficit pluviométrique global et une période de sécheresse exceptionnellement longue. De ce fait, les sédiments déposés dans le lac sont presque exclusivement dus à la production primaire.

La courbe de variation des quantités de sédiments recueillis dans les huit sédimentomètres (figure 10), montre que la sédimentation est maximale en été et en automne, c'est-à-dire pendant la période où le débit des rivières est le plus faible. Les quantités de sédiments déposés pendant le second semestre de 1989 (juillet à décembre) sont trois fois plus importantes que celles du premier semestre (janvier à juin). Le développement du phytoplancton et en particulier des diatomées est maximal à la belle saison, depuis la fin du printemps jusqu'à l'automne. Les facteurs qui favorisent le développement des algues microscopiques, pendant cette période, sont essentiellement l'élévation de la température et la pénétration de la lumière dans l'eau.

Si l'on compare les mesures effectuées en 1988 et 1989, on observe un léger décalage dans le temps de l'augmentation de la sédimentation. Celle-ci est directement liée aux conditions climatiques spécifiques de l'année.

Pendant l'année 1989, l'envasement a été maximal dans les stations n° 1, 5 et 7. Les quantités de sédiments recueillis pour ces trois sites sont de 27, 21 et 19,6 kg/m², ce qui correspond à des hauteurs de vase de 11,5 9,6 et 9 cm. Ces résultats sont tout à fait en accord avec ceux obtenus en 1988. Il est vraisemblable que la production primaire est homogène dans l'épilimnion, sur toute la surface du lac et que les variations des quantités de sédiments déposés au niveau des diverses stations s'expliquent beaucoup plus par les conditions locales de dépôt des sédiments que par des fluctuations de la

production primaire. Les tests siliceux de diatomées ne sédimentent pas d'une manière uniforme sur toute la superficie du lac, mais s'accumulent d'une manière préférentielle dans les secteurs favorables aux dépôts. La localisation de ces aires peut varier au gré des conditions hydrologiques, des vents dominants, de la cote du plan d'eau... Les deux secteurs correspondant aux stations n° 5 et 7 apparaissent particulièrement propices aux dépôts. La station n° 5 est située à l'aval immédiat des queues de retenue du Gouet et de la Maudouve qui sont particulièrement bien exposées aux vents d'ouest et de sud-ouest. Les sédiments en suspension, collectés en amont sur une vaste surface, se déposent dans un méandre du lac qui n'est plus soumis à l'influence du courant des rivières. Au niveau de la station n° 7, c'est le tablier inférieur du viaduc S.N.C.F. qui forme un obstacle au transit des sédiments en suspension et favorise ainsi la sédimentation. C'est au niveau des stations 3 et 4 situées respectivement à la confluence Gouet-Maudouve et sur le bras de la Maudouve que la sédimentation est la moins importante. Les quantités de sédiments déposés sont voisines de 10 kg/m², ce qui correspond à une hauteur d'envasement de 5 cm. La diminution relative de la sédimentation sur le bras de la Maudouve peut être attribuée au rôle du courant de la rivière qui entraîne vers l'aval le phytoplancton et les sédiments d'origine terrigène les plus fins.

Contrairement aux idées très répandues, c'est beaucoup plus la richesse en nutriments des eaux du lac que l'érosion des sols qui est à l'origine de l'envasement de la retenue. En l'état actuel, cet envasement est généralisé et les épaisseurs de vases accumulées chaque année approchent ou dépassent 10 centimètres dans de vastes secteurs. Il est le résultat de la prolifération des diatomées favorisée par la fertilisation excessive des eaux du lac.

Le phénomène mis en évidence contribue à entretenir, voire à accélérer le processus d'eutrophisation du lac. Les sédiments sont en effet des réservoirs importants de fertilisants, notamment de phosphates (le phosphore représente 0,3 % du poids sec des sédi-

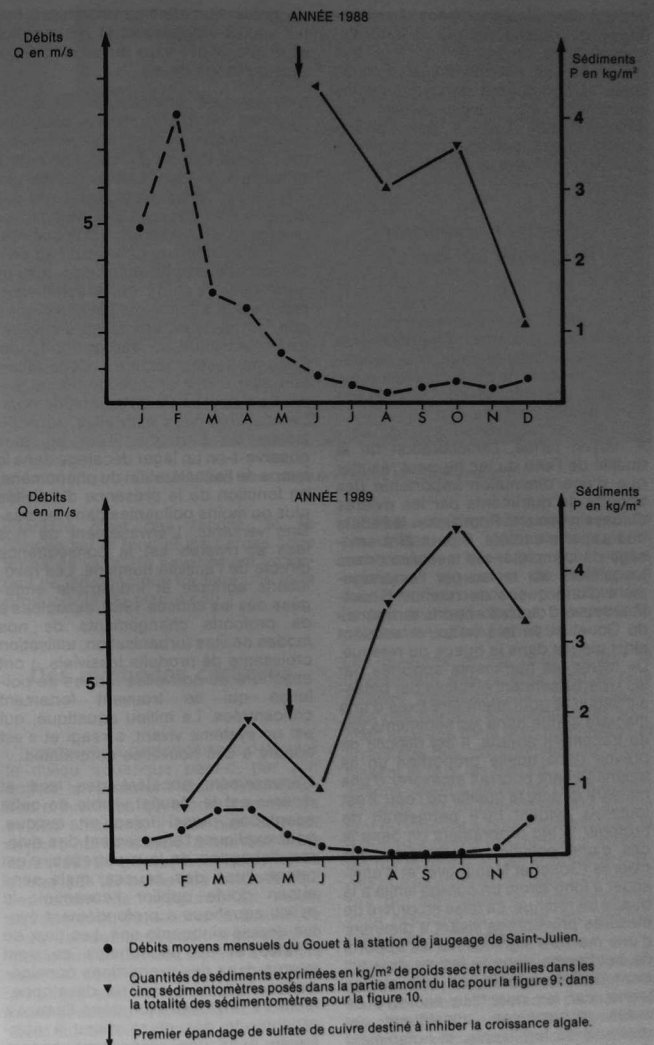


Fig. 9 et 10. Évolution des quantités de sédiments recueillis dans la retenue du Gouet en 1988 et 1989.

ments). Dans les conditions d'anaérobiose, qui règnent partout où la réoxygénation de l'hypolimnion n'est pas effectuée, les phosphates sont relargués et contribuent donc par cycles successifs au développement du phytoplancton. Du fait des apports continus des tributaires, le phénomène s'amplifie globalement chaque année.

Comment améliorer la qualité de l'eau ?

L'envasement de la retenue a donc un double effet : diminution progressive du volume utile de la retenue, et accélération du processus d'eutrophisation qui entraîne une dégradation progressive de la qualité de l'eau.

A moyen terme, l'amélioration de la qualité de l'eau du lac ne peut résulter que d'une diminution importante des apports de nutriments par les rivières du bassin versant. Pour limiter les effets des apports actuels, il peut être envisagé de compléter les mesures prises jusqu'aujourd'hui sur le lac par l'aménagement d'une queue de retenue Gouet-Maudouve. Tous les apports terrigènes du Gouet et de la Maudouve seraient ainsi piégés dans la queue de retenue. De même les nutriments apportés par les rivières seraient éliminés par bioassimilation et pourraient être fixés d'une manière stable dans les sédiments par un traitement adapté. Il est difficile de prévoir dans quelle proportion un tel aménagement pourrait améliorer d'une manière directe la qualité de l'eau. Il est toutefois évident qu'il permettrait de protéger le lac proprement dit dans le cas d'une pollution accidentelle des rivières (Gouet et Maudouve) et d'envisager à long terme un curage limité à la queue de retenue. La mise en œuvre de mesures préventives visant à diminuer d'une manière significative les apports de nutriments dans le lac ne peuvent avoir d'effets bénéfiques qu'à moyen terme, car les quantités énormes de vases accumulées constituent un réservoir de fertilisants, et notamment de phosphates, largement suffisant pour maintenir à son niveau actuel le degré d'eutrophisation du lac pendant de nombreuses années. Les mesures

de prévention demeurent malgré tout les seules efficaces et la restauration de la qualité des eaux du lac exige souvent de longs délais.

L'envasement progressif d'un étang, d'un lac ou d'une rivière peut être considéré comme un phénomène naturel. Depuis très longtemps, l'homme a procédé à la vidange et au curage des étangs, au dévasement des biefs des moulins, au nettoyage des berges des rivières... Le fait nouveau est l'accélération du phénomène consécutif au processus d'eutrophisation des milieux aquatiques. L'étude de la sédimentation dans la retenue du Gouet a montré que les hauteurs annuelles d'envasement avoisinent ou dépassent 10 cm dans de vastes secteurs. Cette situation, loin d'être exceptionnelle, a tendance à devenir la règle dans de nombreuses retenues naturelles ou artificielles de Bretagne. Tout au plus observe-t-on un léger décalage dans le temps de l'accélération du phénomène, en fonction de la présence d'activités plus ou moins polluantes dans les bassins versants. L'envasement de nos lacs et rivières est la conséquence directe de l'activité humaine. Les révolutions agricole et industrielle engagées dès les années 1960, associées à de profonds changements de nos modes de vies (urbanisation, utilisation croissante de produits lessiviels...) ont engendré de nouvelles formes de pollution qui se trouvent fortement concentrées. Le milieu aquatique, qui est un système vivant, a réagi et s'est adapté à ces nouvelles contraintes.

L'envasement accéléré des lacs et rivières est le résultat visible de cette adaptation. Aussi lorsqu'on évoque, pour expliquer l'envasement des rivières, l'abandon de leur entretien, c'est retenir l'une des causes, mais sans aucun doute oublier l'essentiel : le milieu aquatique a profondément évolué depuis cinquante ans. Les taux de nitrates et de phosphates se sont accrus dans des proportions considérables, favorisant ainsi le développement du phytoplancton dans l'eau. La productivité des plans d'eau a augmenté dans des proportions encore plus importantes que celle de l'agriculture, mais dans un lac, à l'inverse de ce qui se passe dans un champ cultivé, le phytoplancton produit d'une manière



Y. Gourraud

Curage d'une mare dans la réserve de Bois-Joubert.

intensive n'est pas récolté, et se dépose sur le fond et les berges sous forme de vase. Un envasement important ne fait donc que traduire une forte productivité du plan d'eau.

Des méthodes curatives

L'homme qui a profondément détérioré le milieu aquatique peut-il, par son action, le restaurer ? Outre les méthodes préventives qui seront à terme les seules efficaces, il faut bien souvent aujourd'hui faire appel à des méthodes curatives. Le dévasement des rivières et des lacs fait partie des méthodes qui permettent de restaurer un milieu aquatique et d'améliorer la qualité de l'eau. Les demandes de dévasement se multiplient et dans les années à venir, le marché sera énorme. Les procédés proposés sont variés et vont certainement beaucoup évoluer, grâce notamment au développement des biotechnologies. Dès aujourd'hui il faut ajouter, aux procédés mécaniques traditionnels, des procédés chimiques et biologiques. Nous disposons de peu de références pour juger du degré d'effi-

cacité de ces dernières, aussi avant de préconiser une méthode miracle, il conviendra d'effectuer des essais préalables et surtout de réaliser un suivi du milieu pendant et après un traitement éventuel destiné à assurer le dévasement d'un plan d'eau.

Les mesures prises pour assurer le dévasement des rivières sont le plus souvent traditionnelles : débroussaillage des berges, enlèvement des souches tombées dans le lit, faucardage et arrachage des macrophytes qui envahissent le lit et les berges... Toutes ces actions visent à améliorer l'écoulement de l'eau, car un ralentissement important du courant a pour conséquence le dépôt des débris organiques transportés par la rivière et des apports terrigènes dus à l'érosion des sols. Ces mesures, qui sont utiles et indispensables pour restaurer la qualité des rivières, sont-elles suffisantes ?

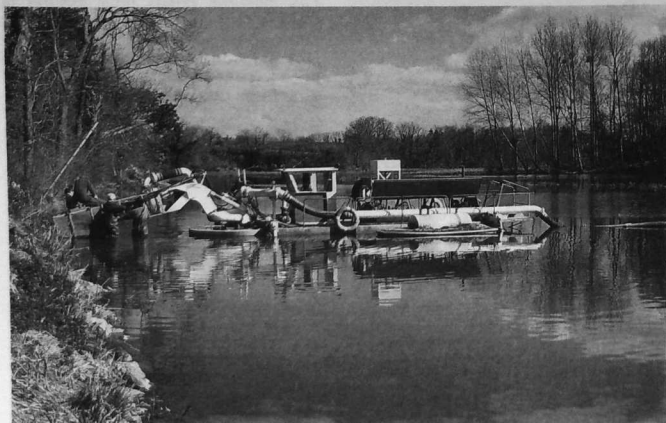
Dans les rivières, comme dans les lacs, la vase est formée d'éléments provenant de l'érosion des sols, de matières organiques diverses, mais également d'algues microscopiques du phytoplancton et en particulier de diatomées. Ces dernières prolifèrent d'autant mieux que les vitesses de courant sont plus faibles. En été, les rivières à très

faibles débits, établies sur bassin versant schisteux, constituent un milieu semblable à un lac peu profond et s'ensavent selon le même processus. Dans ce cas, l'ensablement de la rivière est le résultat d'une transformation par bioassimilation des nutriments de l'eau. L'ensablement sera donc d'autant plus important que les teneurs en nitrates et phosphates seront plus élevées. L'érosion des sols n'est pas la seule cause de l'ensablement et avant de décider du choix d'un aménagement coûteux, il convient donc de faire un diagnostic complet des divers phénomènes observés. Ainsi les mesures à prendre pour éviter des apports terrigènes dans un plan d'eau ne sont pas les mêmes que celles à envisager pour tenter de stopper un ensablement d'origine phytoplanctonique. Dans le premier cas, il sera intéressant de dériver le lit du tributaire qui ne déposera plus ses sédiments dans le lac. Dans le second cas, au contraire, il sera important de maintenir le courant de la rivière dans la retenue, car celui-ci sera un facteur limitant du développement des algues phytoplanctoniques. Le renouvellement de l'eau de la retenue en période estivale empêchera de plus une élévation trop importante de la température, facteur très favorable pour l'apparition du "bloom" algal. Si les rivières à bas-

sin versant granitique s'ensavent nettement moins que celles établies sur bassin versant schisteux, c'est essentiellement parce que les premières bénéficient de courants même en été, car ceux-ci sont maintenus par de bons débits d'étiage. Le maintien d'un courant permanent empêche toute prolifération excessive du phytoplancton en période estivale. La création de barrages destinés à soutenir les débits d'étiage et la pose de déflecteurs destinés à réguler la vitesse de l'eau sont donc des solutions intéressantes pour limiter l'ensablement des rivières.

Suivis biologiques indispensables

Les méthodes traditionnelles pour dévaser une rivière sont efficaces, mais nécessitent beaucoup de main-d'œuvre, aussi il leur est parfois associé ou préféré un traitement chimique de la vase; l'épandage de craie finement broyée ou de chaux favorise une "digestion" sur place de la vase. Un tel apport permet d'améliorer le pH des fonds envasés des lacs et rivières qui ont une tendance à l'acidification et favorise la minéralisation des matières organiques. L'ion calcium provoque



Dragage suceuse spécialement conçue pour le dévasement des retenues.



Refoulement des vases et sédiments dans une lagune de décantation.

une floculation des éléments en suspension dans l'eau ainsi qu'à la partie supérieure du dépôt de vase. Ces éléments floculés sont plus facilement remis en suspension sous l'action de courants forts et sont donc évacués vers l'aval lors des crues; le traitement d'une vase au carbonate de calcium permet d'améliorer sa structure, favorisant ainsi la dégradation naturelle des matières organiques. Après traitement, on observe un développement de l'activité microbienne aérobie, ainsi que des bactéries qui accélèrent la minéralisation des matières organiques.

Dans un lac, les effets bénéfiques d'un traitement au carbonate de calcium se limitent à l'amélioration de la structure des vases. En l'absence de courant important, les particules floculées ne peuvent être évacuées vers l'aval comme pour les rivières. Seules des études spécifiques pourraient permettre d'apprécier le rôle d'un tel traitement sur la fixation d'une manière stable des phosphates contenus dans la vase.

Les techniques les plus récentes de traitement de la vase consistent dans un traitement mixte, chimique et biologique. Le carbonate de calcium ou le

sulfate de calcium finement broyés sont enrichis en bactéries avant leur épandage. L'enrichissement du milieu en bactéries sélectionnées pour leur activité enzymatique et leur puissance de dégradation accélère le processus naturel de minéralisation des vases. De telles techniques, qui ont fait leurs preuves notamment pour des hydrocarbures, sont désormais appliquées pour le dévasement des lacs et rivières. Si le résultat est souvent spectaculaire en apparence, il est difficile, en l'absence de références et d'études précises, de juger de leur efficacité réelle et de leur incidence sur le milieu. Dans tous les cas, il conviendra lors d'expériences de ce type, de faire des suivis biologiques et sédimentologiques indispensables avant de généraliser l'emploi de telles méthodes.

Actuellement, le dévasement des lacs est surtout effectué à l'aide de dragues suceuses. Les vases sont refoulées dans des bassins de décantation. Après séchage naturel, les boues peuvent si nécessaire être reprises à la pelle mécanique et utilisées comme amendement en agriculture. Toutes ces opérations sont longues et coûteuses. Le stockage puis l'élimination des boues ne sont pas toujours aisés. Aussi

lorsque le lac est dévasé, on peut se retrouver avec des déchets encombrants et difficiles à éliminer.

Un phénomène durable

Les études récentes effectuées sur les retenues départementales des Côtes-d'Armor montrent que l'on assiste à un envasement généralisé et accéléré des milieux aquatiques de notre région. Les épaisseurs de vase molle déposée chaque année dans les lacs sont impressionnantes, souvent comprises entre 5 et 10 cm. S'il est vrai que les hauteurs réelles d'envasement sont légèrement moins importantes, à la fois en raison de la compaction naturelle des sédiments et de la dégradation d'une partie de la matière organique qu'ils contiennent, il n'en demeure pas moins que l'on a assisté en une dizaine d'années au remplissage total de retenues qui n'avaient jamais jusqu'alors nécessité de curage. Le phénomène d'envasement s'est nettement accéléré pendant les vingt ou trente dernières années. Il est la conséquence directe des pollutions engendrées par l'évolution récente de nos modes de vie et du développement des activités agricoles et industrielles. La vase de nos étangs, lacs et rivières, est le produit de la transformation par bioassimilation de

tous les nutriments apportés par l'homme dans l'eau. Les actions préventives ou curatives engagées jusqu'alors ne peuvent suffire à maintenir et encore moins à restaurer une qualité des eaux suffisante pour empêcher cet envasement excessif dû aux proliférations planctoniques. Le phénomène mis en évidence sera durable, même si l'on prend dès aujourd'hui des mesures draconiennes pour enrayer l'augmentation des apports d'éléments nutritifs dans les milieux aquatiques. Il apparaît donc nécessaire de prendre en compte dans notre région ce phénomène nouveau, et de prévoir dès la conception des ouvrages que toute retenue à créer devra subir un dévasement à plus ou moins longue échéance. Pour en limiter l'envasement, il paraît intéressant d'effectuer des aménagements en queue de retenue. Ainsi la présence d'une digue permet de piéger tous les apports dus à l'érosion des sols et peut assurer la sauvegarde de la qualité de l'eau dans le cas d'une pollution accidentelle des rivières. En piégeant par bioassimilation une part des éléments nutritifs apportés par les rivières, la queue de retenue aménagée contribuerait également à améliorer la qualité de l'eau du lac. Enfin, les opérations de curage nécessaires à terme seraient grandement facilitées, car elles pourraient le plus souvent être limitées à la queue de retenue proprement dite. Mai 1990.

Le traitement des eaux et la restauration de leur qualité

Marc Le Saout* et Georges Bertru**

Une première étape

L'installation des stations de traitement des eaux usées avait surtout pour objectif de réduire la pollution organique qui se traduisait dans les années 1960/70 par des mortalités importantes de poissons en raison de l'appauvrissement du milieu en oxygène. Si l'on peut aujourd'hui considérer que cet objectif a été atteint, exception faite de quelques secteurs où cette pollution organique persiste, il faut bien comprendre qu'il ne s'agissait que d'une première étape dans la mesure où les traitements n'impliquaient pas la réduction des charges azotées (nitrates) et celles du phosphore qui accompagnent inévitablement les pollutions organiques. L'effort consenti pour les traitements des eaux usées est indéniable, encore faut-il être conscient que moins de 50 % des habitations sont actuellement raccordées à une station de traitement. A ces rejets diffus (pollution organique, pollution bactérienne,

azote et phosphore) s'ajoutent ceux de l'agriculture qui participent à l'enrichissement des rivières et réservoirs en azote et phosphore.

Eutrophisation

Ainsi, non seulement l'effort d'équipement en stations de traitement doit être poursuivi, à la fois pour réduire les charges organiques résiduelles, mais aussi les rejets en azote et phosphore induisant de fortes productions de matériel organique qui affectent la qualité de l'eau (aspect visuel, goûts, odeurs et de nouveau désoxygénation). L'ensemble de ces phénomènes est souvent décrit par le terme d'*eutrophisation*.

En réponse à cette fertilisation excessive, les lacs, réservoirs, les rivières à écoulement lent et certaines eaux littorales sont l'objet de développements intempestifs de microphytes et macrophytes qui lors de leur décomposition sont fortement consommateurs d'oxygène. Les divers usages de l'eau s'en trouvent affectés, notamment la pêche, les loisirs, et bien évidemment l'alimentation en eau. Ce problème

* Cabinet Saunier (Eau et Environnement), 2, rue des Glénan, 35760 St Grégoire.

** Université de Rennes, Avenue du Général Leclerc, 35000 Rennes.

s'aggrave dans les retenues, conçues pour l'alimentation en eau, dans la mesure où la désoxygénation oblige à mettre en place des traitements supplémentaires à la fois dans la retenue proprement dite et dans la filière de traitement pour l'eau potable.

Parallèlement à la poursuite de l'effort entrepris depuis une quinzaine d'années pour réduire la pollution organique et ammoniacale des rivières, les stations d'épuration doivent se doter de filières de nitrification-dénitrification et de déphosphatation afin d'abaisser autant que faire se peut les concentrations de ces éléments nutritifs.

Le principe de l'élimination de l'azote par voie biologique, au moins pour le procédé le plus répandu, repose sur deux étapes :

- oxydation biologique de l'azote ammoniacal en azote nitrique,
- réduction des nitrates en azote (N₂) en milieu anoxique.

Pour la déphosphatation, on fait surtout appel aujourd'hui à une précipitation du phosphore à l'aide des sels d'aluminium et de fer.

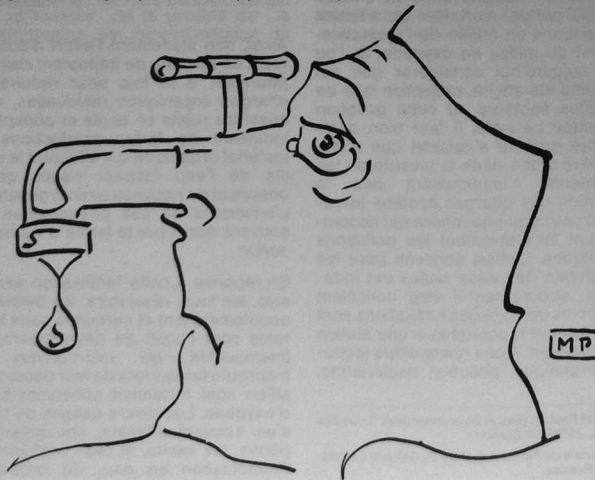
Bien évidemment, ces traitements ne sont possibles que pour des apports

ponctuels (station d'épuration) ; les rejets diffus et microponctuels, que l'on peut qualifier généralement d'involontaires (règlement sanitaire rarement respecté) par opposition à l'épandage qui constitue une pratique conseillée et recommandée au titre de la valorisation des déchets, échappent à tous les traitements, de sorte que le niveau des fertilisants précités ne cesse d'augmenter dans les rivières et retenues avec tous les effets induits que cela suppose sur les filières d'eau potable. En dépit des investissements consentis par les collectivités, la qualité de l'eau ne s'en trouve pas obligatoirement améliorée.

Préserver la ressource en eau potable

C'est surtout la préservation de la ressource en eau potable qui a fait l'objet des actions entreprises et ce, plus spécifiquement contre l'eutrophisation des barrages réservoirs.

Parmi les facteurs susceptibles de gêner la potabilisation de l'eau, on peut citer l'azote ammoniacal, le fer et le manganèse, les matières organiques dissoutes, les algues planctoniques, et les fortes variations du pH au cours de la journée.



Aux inconvénients purement mécaniques, comme le colmatage et le feutrage des filtres qui sont provoqués par les algues, il faut également ajouter les variations rapides du pH (de 6,5 à 10 en quelques heures), les sursaturations en oxygène qui affectent respectivement la floculation (ajustement permanent des doses de réactifs et du pH) et la décantation par la remontée des boues.

Les matières organiques dissoutes allochtones ou provenant directement du métabolisme des algues sont difficilement éliminées dans la filière de traitement. Des concentrations élevées en Carbone Organique Total (COT) dans l'eau brute sont à l'origine des inconvénients suivants :

- perturbation de la chloration par augmentation de la consommation de chlore mobilisé pour l'oxydation des matières organiques,
- perturbation de la floculation par les acides humiques qui fixent en partie les sels métalliques et diminuent d'autant l'efficacité du traitement par les sels d'aluminium,
- création d'haloformes par l'existence de précurseurs comme les acides fulviques et humiques, susceptibles de donner à la suite de la chloration des haloformes dont la toxicité pour l'homme est fortement suspectée,
- augmentation de la reviviscence des germes dans les réseaux de distribution grâce au COT et aux concentrations de l'azote organique ; il en découle généralement une augmentation du nombre de germes totaux et parfois des goûts et odeurs dans l'eau distribuée.

Mesures préventives et techniques curatives

L'azote ammoniacal mobilise une partie du chlore injecté en formant des chloramines au pouvoir désinfectant réduit et du trichlorure d'azote (NCL₃) à l'odeur âcre très prononcée. Le fer et le manganèse, relargués lors de l'anoxie des sédiments superficiels dans les retenues, ne présentent pas de forte toxicité pour le consommateur. Les

conditions de leur précipitation s'avèrent délicates en raison de la formation de complexes avec les acides humiques qui modifient les réactions d'oxydo-réduction auxquelles recourent les opérateurs pour assurer leur élimination.

Afin d'accompagner les mesures préventives qui sont nécessairement très longues à mettre en œuvre, et dont les effets ne pourront être visibles qu'à long terme, il a fallu utiliser des techniques curatives pour tenter de contrôler les inflorescences algales, soit par l'utilisation d'algicide, soit par l'aération de la masse d'eau afin de maintenir les sédiments à un niveau d'oxydo-réduction incompatible avec la solubilisation du manganèse et du fer.

Le sulfate de cuivre est largement utilisé comme inhibiteur de la croissance algale et surtout de cyanophycées filamenteuses (algues bleues) responsables du colmatage et du feutrage des filtres. La dose prescrite ne doit pas dépasser 50 mg/m³ ; elle suppose évidemment un suivi très précis afin de ne pas nuire à la faune piscicole et un contrôle de l'accumulation éventuelle de cuivre dans les sédiments. A ce sujet, il faut rappeler que la directive européenne du 18 juillet 1978 fixe une concentration en cuivre inférieure à 0,040 mg/l (niveau guide) pour les eaux piscicoles. La directive du 16 juin 1975 recommande que pour les eaux brutes destinées à l'alimentation humaine la concentration en cuivre soit inférieure à 0,050 mg/l (niveau guide) en qualité A2 et 1 mg/l en A3. Enfin, le projet de directive européenne sur l'eau traitée fait état d'une concentration de 0,1 mg/l à la sortie des installations de traitement et de 3 mg/l après une stagnation de 12 heures dans les canalisations de mise à la disposition du consommateur. Si le cuivre est utilisé pour minimiser le développement algal, il faut aussi constater qu'il fait l'objet d'une utilisation importante en pisciculture et dans les aliments pour le bétail.

Les résultats sont particulièrement spectaculaires pour les cyanophycées (*Aphanizomenon flos-aquae*) qui sont responsables des principales explosions phytoplanctoniques dans les systèmes eutrophes. L'inhibition de ce type d'algue revêt une importance



Photo Atlas Copco

Mise à l'eau d'un aérateur d'hypolimnion à la retenue de Moulin Ribou (Maine-et-Loire).

considérable à la fois pour le traiteur d'eau et le consommateur dans la mesure où il a été démontré que ces algues engendrent des goûts, des odeurs et des toxines. Cette technique curative n'a de sens que si des mesures préventives sont prises afin de réduire considérablement les charges actuelles en phosphore et azote, et ce dans les meilleurs délais, afin que n'apparaissent pas des souches nécessitant des traitements plus drastiques par le cuivre.

L'appauvrissement, voire l'absence d'oxygène dans les couches profondes et notamment à l'interface eau-sédiments, constitue l'une des manifestations les plus aiguës de l'eutrophisation; la désoxygénation se traduit par le relargage du fer, manganèse, ammoniac et surtout celui du phosphore qui en quelque sorte réalimente et aggrave le développement algal des couches superficielles. Pour lutter contre ce phénomène, il a été développé une technologie afin de maintenir les couches profondes (hypolimnion) en aérobie (concentration en oxygène au moins égale à 2.5-3 mg/l) en injectant soit de l'air, soit de l'oxygène pur. Ces procédés sont très répandus aux U.S.A., en Allemagne, Suède, Japon; on peut également noter quelques réalisations dans l'Ouest de la France (La Méaugon, Fiers, Le Cebron, Moulin Ribou). Cette technique apporte une amélioration très sensible de la qualité des eaux tant au niveau de la physico-

chimie que du phytoplancton, ce qui se traduit par une meilleure maîtrise de la filière de traitement et du coût de celle-ci.

Protéger les retenues

Parmi les nombreux problèmes que posent les retenues, il faut citer les phénomènes de sédimentation, notamment:

- la nécessité de connaître la dynamique des phénomènes sédimentaires, les apports spécifiques de matériel particulaire qui sont très dépendants de la nature, de la configuration et des activités sur les bassins versants. Les points essentiels à déterminer concernent la répartition des apports sédimentaires sur un cycle annuel, la nature des sédiments apportés et leur répartition spatiale dans le plan d'eau,

- l'importance des phénomènes de stockage du phosphore et donc de la quantification de la charge interne (charge sédimentaire), ainsi que sa biodisponibilité.

La connaissance de ces différents éléments doit conduire à la mise en place d'une stratégie efficace de prévention et d'actions curatives sur le bassin versant et la retenue elle-même. Ainsi, vis-à-vis de ces phénomènes, deux points

particuliers apparaissent clairement: d'une part, la limitation de la charge externe, compte tenu de l'importance du stockage du phosphore, est indispensable à la restauration de la qualité des eaux; et d'autre part, les processus de recyclage sédiment-colonne d'eau doivent être contrôlés efficacement.

La réduction de la charge externe doit être réalisée en limitant d'une part le phosphore émis par les rejets ponctuels, urbains et industriels, et d'autre part les apports diffus d'origine agricole. A défaut de pouvoir réaliser ces actions préventives, le contrôle de ces charges peut être encore réalisé en amont des retenues par la constitution de pré-bassins. Il s'agit de petits réservoirs permettant des temps de séjour de quelques jours afin d'améliorer la qualité de l'eau grâce à des processus physico-chimiques et biologiques. Les formes solubles de l'azote et du phosphore sont transformées par l'intermédiaire des algues en fractions particulières susceptibles de sédimenter dans le pré-bassin. L'optimisation du dimensionnement d'un tel bassin permet d'obtenir une réduction du phosphore qui peut atteindre respectivement 70 à 90 % du flux du phosphore total et des orthophosphates. Les expérimentations en cours devraient permettre de quantifier l'incidence de ces pré-bassins à la fois sur la production algale et la sédimentation dans les retenues.

Du retard dans la prise de conscience

Pour de multiples raisons qui tiennent pour l'essentiel au poids de l'agriculture dans notre région et probablement à la dispersion des administrations en charge de la qualité des eaux, on a beaucoup trop tardé à mettre en place les mesures nécessaires à la réduction des charges azotées. Cette trop tardive prise de conscience s'ajoutant à l'inertie des solutions réglementaires et techniques, celles-ci n'auront d'effets, sous réserve qu'elles reposent réellement sur une analyse pertinente du problème, qu'à très long terme sur les concentrations en nitrates. Aussi, face à la montée prévisible et inexorable de

celles-ci, les traiteurs d'eau envisagent-ils de doter les filières de traitement d'unité de dénitrification afin que les teneurs de l'eau distribuée soient inférieures au moins à 50 mg de nitrates par litre pendant la période de reprise des débits. Ainsi, en plus des difficultés inhérentes à l'eutrophisation pendant l'été, les distributeurs sont confrontés pendant la période hivernale de reprise des débits à une augmentation des teneurs en nitrates. En 1989, 46 % des communes des Côtes d'Armor ont été concernées par une distribution à plus de 50 mg/l.

La solution technique proposée fait appel à la fixation des nitrates sur des résines synthétiques qu'il faut évidemment régénérer, soit par du chlorure de sodium, soit par du gaz carbonique. Outre le coût de ces installations, il faut considérer le traitement des éluats des résines entre 3 et 10 % des volumes traités en fonction des procédés envisagés, la durée de vie des résines (sans doute plus proche de 5 ans que les 10 ans annoncés par certains fabricants), le relargage éventuel par ces résines de composés phénoliques dans les eaux distribuées. Parmi tous ces problèmes, il faut surtout considérer le traitement des éluats qui devront nécessairement faire l'objet d'une dénitrification si l'on souhaite ne pas déverser cette charge azotée dans les rivières en aval. La dénitrification biologique est sans conteste la moins onéreuse, mais, devant être réalisée en période hivernale, son rendement serait probablement fortement diminué.

Il apparaît évident que la réduction des apports d'azote et de phosphore, tant dans les rivières que dans les retenues, est la seule stratégie susceptible de résoudre l'ensemble des problèmes évoqués précédemment. Un tel résultat ne peut être obtenu qu'à long terme dans la mesure où l'adéquation entre les besoins réels des cultures et les quantités de fertilisants (engrais minéraux et déjections animales) serait parfaitement maîtrisée à l'échelle du bassin versant. Dans l'attente de ces résultats, il faudra pendant une longue période avoir encore recours aux procédés curatifs, tant au niveau des retenues que dans les filières de traitement.

Les périmètres de protection des captages d'eau publics : la démarche du département des Côtes-d'Armor

Gilles Marjolet * et Thierry Burlot *

En 1900 déjà...

Le souci de protéger les ressources en eau utilisées pour l'alimentation en eau potable ne date pas d'hier en France. C'est en effet en 1900 (circulaire du 10 décembre) que paraît le premier texte réglementaire en ce sens, obligeant l'intervention d'un géologue "collaborateur du Service de la carte géologique de France" pour tout projet d'alimentation en eau afin de préciser les risques d'une contamination de ces ressources.

La notion de périmètre de protection est introduite par la loi du 15 février 1902, énonçant des servitudes à instaurer au-delà des terrains qui sont à acquérir pour protéger les sources. En 1924, une circulaire étend le champ d'application de la protection à tous les types de captages d'eaux souterraines et définit un périmètre de protection immédiate de défense du captage et un périmètre général de protection de tout ou partie du bassin d'alimentation. Le

décret du 30 octobre 1935 rend l'institution des périmètres de protection obligatoire. Enfin, la loi du 16 décembre 1964 lie l'obligation d'instaurer des périmètres de protection à l'acte de déclaration d'utilité publique des travaux de prélèvements d'eau. Elle définit trois périmètres : immédiat, rapproché et éloigné. Elle étend le champ d'application à toutes les eaux souterraines et superficielles. Par la suite, des précisions sur l'établissement de ces trois périmètres et sur les servitudes à y instaurer sont fournies par le décret du 15 décembre 1967 et la circulaire du 10 décembre 1968. Pourtant, en 1985, une étude statistique indiquait que seulement 12 % des captages d'alimentation en eau potable bénéficiaient d'une protection effective. On peut donc légitimement s'interroger sur les raisons qui ont conduit à cette carence.

Des servitudes "oubliées"

En examinant la situation, on s'aperçoit que dans la plupart des cas (malheureusement pas tous), le souci de la protection du captage avait bien été présent lors de l'élaboration des projets.

Bien souvent le "géologue officiel" ou "l'hydrogéologue agréé" était intervenu et avait indiqué dans son rapport des mesures de protection à instaurer. Mais par la suite aucune procédure d'instauration réglementaire n'avait été engagée et les mesures de protection étaient en fait inexistantes. Tout se passait comme si le rapport du géologue ne constituait seulement qu'une pièce administrative obligatoire pour la prise de l'arrêté préfectoral autorisant le prélèvement. La lecture de nombreux anciens arrêtés est instructive : les périmètres de protection sont créés, mais la mise en place des servitudes est reportée à un arrêté ultérieur après une enquête parcellaire qui n'est en fait jamais engagée et les servitudes sont alors ignorées, en toute bonne foi, par les propriétaires et exploitants des parcelles incluses.

Deux raisons principales sont à l'origine de cette situation : la complexité et la lourdeur de la procédure administrative d'instauration des servitudes, ainsi que la crainte du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre d'une opposition au projet de prélèvement par les riverains touchés par les périmètres de protection, et donc la crainte également de demandes d'indemnités compensatrices. Le Ministère de la Santé a donc établi une nouvelle circulaire, en date du 12 juillet 1990, afin de relancer l'établissement des périmètres de protection. Cette circulaire précise les responsabilités respectives des collectivités locales et de l'administration, cette dernière devant à présent s'assurer de la mise en place effective de ces périmètres. La nouvelle loi sur l'eau du 3 janvier 1992 oblige à présent toutes les collectivités à la mise en place des périmètres dans un délai de cinq ans.

Une politique de mise en place des périmètres

Comme dans la majorité des départements français, le nombre de périmètres de protection institués réglementairement était insignifiant au début des années 1980 dans le département des Côtes-d'Armor. Sur environ 200 points de prélèvement (environ 30 en eau superficielle et environ 170 en eau sou-

terraine), seuls deux avaient fait l'objet de cette procédure : le barrage de la Ville-Hatte sur l'Arguenon et le barrage de Kerné-Uhel sur le Blavet, retenues construites par le Conseil Général en 1973 et 1981.

Soucieux de préserver les ressources en eau utilisées pour l'alimentation en eau potable, le Conseil Général a alors décidé d'engager une politique de mise en place des périmètres de protection et à partir de 1982, des actions ont été entreprises :

- Recensement de tous les captages en service avec description de leurs caractéristiques quantitatives et qualitatives ainsi que de leur environnement proche. Un "zonage provisoire" de protection, sans portée réglementaire, a été déterminé et a ainsi permis par la suite de tenir compte de ces points d'eau dans les demandes d'autorisations diverses (carrières, déviations routières, installations classées, etc.).

- Création d'une cellule "périmètres de protection" à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt, transférée en octobre 1989 au Conseil Général, Service Départemental de l'Agriculture et de l'Environnement, lors de la mise en place des nouvelles structures prévues par la loi de décentralisation.

- Engagement d'un premier programme d'études à maîtrise d'ouvrage du Conseil Général pour la mise en place des périmètres autour de 25 points d'eau (avec l'aide de l'Agence de Bassin Loire-Bretagne).

- Établissement d'un programme de subventions pour les collectivités s'engageant dans la démarche : subventions aux études préalables, aux acquisitions de terrains, aux boisements, aux travaux de protection, à la mise en conformité des bâtiments agricoles, etc.

- Mise en place d'une action de conseil agricole auprès des exploitants concernés par les périmètres de protection, confiée à la Chambre d'Agriculture.

Parallèlement, un protocole d'accord départemental a été établi entre l'Etat et la Chambre d'Agriculture le 23 janvier 1984 pour définir une démarche acceptée par l'administration et la pro-

* Conseil Général des Côtes-d'Armor - Service Départemental de l'Agriculture et de l'Environnement

fession agricole et proposée aux collectivités qui l'ont toutes adoptée. Il était en effet indispensable d'aboutir à un tel accord, car les périmètres de protection concernent essentiellement l'activité agricole dans les Côtes-d'Armor. Ce protocole a été complété par un avenant du 5 novembre 1986 relatif aux indemnités liées à la mise en place des servitudes. Il était en effet apparu que la très grande majorité des préjudices occasionnés par la mise en place des périmètres de protection pouvait faire l'objet de l'application d'un "barème départemental" reconnu par les Services Fiscaux et la profession agricole. Une commission départementale a également été créée pour arrêter les règles et intervenir éventuellement en conciliation entre les parties intéressées afin d'éviter la saisine des tribunaux.

Eaux superficielles et eaux souterraines

Dans le département des Côtes-d'Armor, l'alimentation en eau potable est principalement assurée par des eaux superficielles (70 % de la production totale) prélevées au fil de l'eau ou puisées dans des barrages réservoirs de petite ou grande capacité.



S.R.A.E. Bretagne.

Les ressources en eaux souterraines concernent principalement les petites collectivités. Elles sont captées soit traditionnellement par des puits et sources de faible profondeur implantés dans les formations altérées superficielles (granites et schistes), soit plus récemment par des forages profonds qui exploitent des aquifères de fissures localement présents dans les formations géologiques anciennes. Il faut souligner que les zones d'alimentation de ces captages sont généralement réduites ; il s'agit soit de bassins d'altération qui épousent des petits bassins topographiques, soit de couloirs fracturés. Très souvent, ces structures aquifères sont discontinues et limitées latéralement par des écrans plus ou moins étanches. C'est ainsi que d'une manière générale ces zones d'alimentation sont de l'ordre de plusieurs dizaines d'hectares à exceptionnellement plusieurs centaines d'hectares. Il en résulte que, contrairement aux grands aquifères des régions sédimentaires, qui peuvent présenter des surfaces très étendues (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de km²), on peut, dans ce cas, appréhender l'ensemble de la zone d'alimentation des points d'eau, et l'inclure dans des périmètres de protection. C'est ainsi que dans le cas des eaux souterraines on distingue généralement trois périmètres :



G. Marjolet

Station de pompage sur le Leguer.

- *Le périmètre immédiat*, généralement d'extension réduite, mais qui peut être vaste si l'on a affaire à plusieurs ouvrages disposés dans un "champ captant". Dans ce périmètre, seules sont autorisées les activités nécessaires au bon fonctionnement de l'alimentation en eau potable.

- *Le périmètre rapproché*, pouvant représenter plusieurs dizaines d'hectares, parfois complété d'une *zone sensible* de plusieurs hectares où les contraintes peuvent être particulièrement importantes (par exemple obligation de mettre en prairie permanente).

- *Le périmètre éloigné*, qui peut représenter également plusieurs dizaines d'hectares et où les contraintes sont moins importantes (il s'agit ici plus de réglementations que d'interdictions).

Les eaux superficielles sont, elles, utilisées par des collectivités plus importantes. Les grands barrages réservoirs sont exploités par les Syndicats mixtes de production qui fournissent des appoints aux collectivités adhérentes. Dans ce cas, les périmètres de protection ne concernent qu'une portion limitée des bassins versants concernés, située en amont des points de prélèvement, le long des cours d'eau, et représentant des superficies de l'ordre de 200 à 300 hectares. En conséquence, la protection que l'on peut assurer pour un prélèvement d'eau superficielle est

moins complète que pour un prélèvement d'eau souterraine. En particulier, concernant le problème des nitrates, si la lutte contre leur augmentation est envisageable dans les périmètres de protection des eaux souterraines dans le contexte particulier des Côtes-d'Armor, elle est sans effet dans les périmètres de protection des eaux superficielles, car dans ce cas c'est tout le bassin versant qui est concerné et c'est donc ici plus l'objet de l'application de la réglementation générale. En application des directives européennes, des "plans de gestion" des bassins versants concernés par des problèmes de pollution, vont être élaborés. Ces plans de gestion seront à intégrer dans les futurs "Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux" prévus par la loi du 3 janvier 1992. Ces mesures viendront compléter les dispositions actuellement en vigueur concernant les périmètres de protection.

Pour les eaux superficielles, on détermine :

- *Un périmètre immédiat*, qui correspond à la protection des installations de pompage et traitement et au pourtour des retenues quand celles-ci ont été édifiées pour l'alimentation en eau potable.

- *Un périmètre rapproché*, qui peut s'étendre sur plusieurs kilomètres à l'amont du point de prélèvement afin de

constituer une zone tampon où l'on ne tolère aucune dégradation de la qualité des eaux et où en particulier on interdit certaines activités telles que les piscicultures. Ce périmètre peut comprendre une zone sensible plus proche du point de prélèvement et du cours d'eau où les interdictions et réglementations sont renforcées.

Il faut souligner que dans les Côtes-d'Armor, on a affaire à de petits bassins versants de plusieurs centaines de km² au maximum et que la qualité de l'eau peut évoluer très rapidement, d'où la justification de ces périmètres qui peuvent apparaître moins évidents dans le cas des très grands cours d'eau.

La procédure appliquée dans le département des Côtes-d'Armor se déroule en trois phases :

• Étude préliminaire

- À partir de la demande de la collectivité, un examen préliminaire est effectué par le Service Départemental de l'Agriculture et de l'Environnement du Conseil Général (S.D.A.E.). Il est destiné à apprécier l'opportunité de la mise en place de périmètres de protection en tenant compte de l'intérêt du point d'eau, de sa qualité et de son environnement. On peut à ce stade en évaluer le coût et les difficultés d'établissement.

- En outre, à ce stade, la nature et le contenu des études à entreprendre pour aboutir à la définition des périmètres sont définis.

À l'issue de cette phase, la collectivité décide ou non de poursuivre et dans ce dernier cas inscrit les crédits nécessaires à la réalisation des études, qui font l'objet de subventions de l'Agence de Bassin (50 %) et du Conseil Général (20 %). Dans le cas où la collectivité décide de ne pas poursuivre, cela signifie à terme l'abandon du point d'eau. Les conclusions de cette phase sont portées à la connaissance du Conseil Départemental d'Hygiène.

• Élaboration du dossier de Déclaration d'Utilité Publique

Cette phase comprend deux parties : l'élaboration du projet de périmètres de protection à partir des études techniques et administratives et de l'avis de

l'hydrogéologue agréé, qui est du ressort de la collectivité ; puis l'enquête publique et l'enquête parcellaire de mise en servitudes, qui sont du ressort de l'Etat.

Pour la première partie, les études techniques à entreprendre sont diverses et dépendent de la situation du point d'eau et des connaissances déjà acquises. On y trouve des études géologiques et hydrogéologiques, des études agricoles (cartographie pédologique et enquêtes chez les exploitants agricoles), des enquêtes sanitaires, etc. Elles sont réalisées par des bureaux d'études choisis par la collectivité, à partir d'un dossier établi par le S.D.A.E.. En outre, c'est à ce stade que l'on constitue le *dossier parcellaire* : recherche des caractéristiques foncières des parcelles à inclure dans le périmètre avec identification des ayants droit. Dans les Côtes-d'Armor, cette recherche est le plus souvent effectuée par le Centre de Gestion des communes qui met à la disposition des collectivités des personnels compétents pour cette mission.

L'ensemble des études techniques est soumis à l'avis de l'hydrogéologue agréé qui propose une délimitation et une réglementation des périmètres de protection. Le dossier est ensuite adressé au *service instructeur* (la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt dans les Côtes-d'Armor) qui rédige un projet d'arrêté et le soumet à la consultation des services et du Conseil Départemental d'Hygiène. Puis il fait l'objet d'une *enquête publique et parcellaire* d'une durée d'un mois, à la suite de laquelle, compte tenu des observations recueillies, le Préfet signe l'arrêté préfectoral qui est notifié à la collectivité.

• Mise en place des périmètres de protection

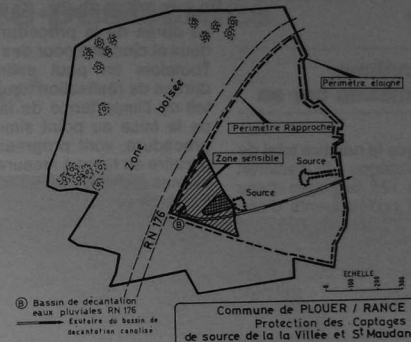
Cette phase est à nouveau du ressort de la collectivité avec l'aide du S.D.A.E. Elle consiste en :

- la notification aux propriétaires de l'arrêté préfectoral,
- l'inscription des servitudes à la conservation des hypothèques,
- le calcul et le paiement des indemnités,

Exemple d'application dans les Côtes d'Armor :

La commune de Plouer-sur-Rance assure la quasi-totalité de son alimentation en eau potable à partir des sources de la vallée de St-Maudan dont la production moyenne est de l'ordre de 450 m³/J. Ces captages de sources présentant une bonne qualité d'eau, le conseil muni-

cipal a décidé en 1986 d'engager la procédure de mise en place des périmètres de protection réglementaire. Des études ont été engagées afin de définir les servitudes qui ont été déclarées d'utilité publique par arrêté préfectoral en date du 8 juillet 1988.



Les périmètres de protection sont de trois types :

- *le périmètre immédiat*, en deux unités séparées, qui comprennent les ouvrages de traitement et de production d'eau. Dans ce périmètre, toutes les activités autres que celles liées au service d'eau sont interdites,

- *le périmètre rapproché*, d'une superficie de l'ordre de 20 ha dont 7 sont classés en zone très sensible à très fortes contraintes. Dans cette zone, les principales contraintes sont les suivantes : interdiction de créer tout type de construction ; interdiction totale d'épandage des effluents liquides, mise et maintien en prairies de la zone sensible, interdiction totale du drainage, etc.

- *le périmètre éloigné*, d'une superficie de l'ordre de 35 ha. Il constitue surtout une zone de réglementation où la fertilisation des cultures doit être raisonnée en fonction des besoins des plantes, la zone boisée devant être maintenue en l'état.

La mise en place de ces périmètres de protection a permis de préserver la qualité de la nappe captée et notamment lors de deux opérations importantes qui se sont déroulées dans son bassin d'alimentation :

- *le remembrement des terres*. Les périmètres de protection ont maintenu le réseau de talus et de haies et préservé un type d'exploitation agricole peu intensif. D'autre part, la commune a acheté, dans le cadre de sa réserve foncière, une parcelle très sensible en amont de la source de la vallée,

- *la déviation de la RN 176* traversant le périmètre éloigné a également été étudiée de près. Les terrassements ont été limités et surtout un réseau pluvial a été mis en place permettant de stocker les eaux et de les canaliser par réseau étanche en aval des captages. Il faut également préciser que l'existence de l'arrêté préfectoral instituant les protections a permis d'éviter la création d'une station-service qui aurait pu présenter un risque grave de pollution.

- les acquisitions de terrains compris dans le périmètre immédiat,
- la réalisation des travaux de protection nécessaires,
- la mise en conformité de bâtiments agricoles,
- l'engagement d'une action de conseil agricole en liaison avec la Chambre d'Agriculture, dans le cas des captages d'eau souterraine.

Un rythme de dix périmètres par an

On peut estimer que le nombre total de points d'eau à protéger est d'environ 150, dont environ 125 captages d'eau souterraine et 25 prélèvements d'eau superficielle. Au 1^{er} janvier 1992, la situation est la suivante :

- 113 points d'eau ont fait l'objet d'une demande d'établissement des périmètres de protection.
- 91 points d'eau ont dépassé le stade de l'étude préliminaire.
- 22 études préliminaires demandées sont à réaliser.
- 23 points d'eau examinés (dont un prélèvement d'eau superficielle) ne feront pas l'objet de périmètres de protection et seront donc abandonnés à terme.
- 68 points d'eau examinés ont fait ou feront l'objet de la mise en place des périmètres de protection.
- 38 points d'eau ont fait l'objet d'un arrêté de déclaration d'utilité publique

établissant les périmètres de protection.

- 24 points d'eau ont fait l'objet d'une inscription des servitudes à la Conservation des Hypothèques.

- 31 points d'eau font ou ont fait l'objet d'une action de Conseil Agricole par la Chambre d'Agriculture.

Actuellement le rythme de réalisation est de 10 périmètres maximum par an. La durée de la procédure varie entre deux et cinq ans pour des cas difficiles. Toutefois on peut estimer que les durées de réalisation longues, dues au fait de l'importance de la demande et de la mise au point simultanée de la procédure, vont progressivement disparaître au fur et à mesure que les problèmes d'ordre général seront résolus. Il n'en reste pas moins que le *décalé de réalisation de deux ans constitue réellement un minimum incompressible.*

Par ailleurs on constate que des périmètres de protection établis depuis plusieurs années ont tendance à évoluer, dans le sens d'une protection accrue, du fait des collectivités qui acquièrent, à l'amiable, des terrains qui se trouvent libérés, ou qui les échangent avec d'autres terrains situés en dehors des périmètres de protection, ainsi que du fait de particuliers qui s'engagent dans des boisements de parcelles situées dans les périmètres. Dans le cas des échanges de terre la SBAFER* peut intervenir pour le compte des collectivités.

*SBAFER (Société Bretonne d'Aménagement Foncier et d'Etudes Rurales).

Contamination des eaux superficielles par les pesticides

Hervé Gillet *



J.P. Ferrand

Les produits phytosanitaires ou encore agropharmaceutiques, plus connus sous le nom de pesticides sont, d'une façon générale, des substances chimiques utilisées pour combattre des espèces animales et végétales indésirables dans les cultures. Sous le terme *pesticides* sont regroupées plusieurs

catégories de produits qui peuvent être classés selon la cible à atteindre en insecticides, fongicides, herbicides, nématicides, molluscicides, etc. Si l'agriculture consomme une partie importante de ces produits pour le traitement des sols, des cultures et des semences, d'autres usages tels que le désherbage des zones non cultivées, la protection insecticide des bois et charpentés peuvent contribuer également à la contamination des eaux.

* Direction régionale de l'agriculture et de la forêt (D.R.A.F. - Bretagne), Service de la protection des végétaux.

L'emploi massif de ces composés chimiques, s'ils sont mis en œuvre de manière incorrecte, peut faire craindre pour la santé publique.

Une région à risques

La Bretagne, qui possède la particularité d'être une des premières régions agricoles de France et de puiser les trois quarts de sa ressource en eau potable dans les eaux de surface, se situe donc dans un contexte à risques élevés vis-à-vis de ces produits. Au plan de la qualité des eaux, l'année 1990 aura été marquée au niveau national et régional par l'apparition des pesticides sur la scène des polluants.

La Bretagne n'échappe pas à la règle, bien au contraire ; les quelques titres qui suivent, relevés dans les quotidiens régionaux en témoignent : « *Pesticides : la Bretagne sous haute surveillance* », « *Après les nitrates, les pesticides* », « *Pesticides : l'eau en overdose* ».

La page de la pollution des eaux par les nitrates n'est pas tournée qu'une autre s'est ouverte : celle de la contamination des eaux par les produits phytosanitaires. Cette prise en compte soudaine de cette nouvelle forme de pollution des eaux s'explique principalement par la transcription en droit français (décret 89.3 du 3 janvier 1989) de la directive 80/778/CEE qui fixe les limites de concentration en pesticides dans l'eau distribuée et précise l'organisation d'une surveillance réglementaire des eaux brutes destinées à la production d'eau potable. Si la prise en compte du problème est récente, la contamination des eaux par ces produits l'est sans doute beaucoup moins. En effet, les risques de pollution des eaux par l'usage des pesticides ont été appréhendés dès 1980 dans le rapport HENIN sur l'impact des activités agricoles sur la qualité des eaux. Depuis cette époque, la priorité accordée aux problèmes de fertilisation azotée et de gestion des effluents d'élevage par le CORPEN (Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates) a occulté chez de nombreux acteurs le cas de la pollution des eaux

par les produits phytosanitaires. Ce choix aboutit à la connaissance très fragmentaire que nous avons aujourd'hui du degré de contamination des grands systèmes aquifères continentaux et des eaux marines littorales par les pesticides, ainsi que leur éventuel impact sur les écosystèmes aquatiques.

Quand les données analytiques existent, elles concernent la plupart du temps des produits de la famille des organochlorés qui ne compte plus aujourd'hui que quatre représentants homologués dont le lindane. Pourtant, au cours des dix dernières années, de nombreuses familles de produits sont apparues sur le marché : actuellement on ne compte pas moins de 450 matières actives entrant dans la composition d'environ 9 000 spécialités commerciales. Avec une consommation annuelle de 100 000 tonnes de matières actives (soit 3 kg/produit commercial/ha/an) le marché français est devenu, de très loin, le premier marché de la CEE et le troisième marché mondial.

Les données régionales existantes sur la contamination des eaux par les pesticides sont fragmentaires et discontinues dans le temps.

L'étude la plus ancienne de 1977, menée sur six rivières de la région (le Kernie et l'Horn dans la zone légumière du Nord-Finistère, le Loch, la Marle et le ruisseau du Plessis dans le Morbihan, le Meu dans le bassin de Rennes) et portant sur les organophosphorés, les chlorés et quelques azotés, révéla l'existence d'une contamination des rivières uniquement par le Lindane. Le maximum de concentration relevé atteignait 0,07 µg/l d'eau. Plus récentes, des recherches spécifiques de Triazines réalisées en 1980 par le Ministère de la Santé mettaient en évidence des niveaux de concentration élevés en Atrazine dans des retenues servant à la production d'eau potable.

En 1987, une enquête régionale réalisée également par le Ministère de la Santé sur 24 rivières et barrages (avec quatre séries d'analyses par site) et portant uniquement sur la recherche du Lindane permit de confirmer l'existence de pics de concentrations dans les deux ou trois mois suivant les appli-

cations en culture. Sur deux points de prélèvement situés sur la Vilaine et le Meu, les maxima atteignaient une concentration d'un microgramme par litre, ce qui représente une valeur élevée compte tenu de la toxicité du Lindane vis-à-vis des poissons (pour la truite, le seuil de toxicité aiguë est de 2 microgrammes par litre).

En 1989, un suivi réalisé par l'École Nationale de la Santé Publique sur le comportement du Lindane et de l'Atrazine dans la retenue de Rophemel, révèle également des pics de concentrations élevés en Atrazine qui amènent à des dépassements des normes de potabilité, à certaines périodes de l'année, dans le réseau de distribution.

L'année suivante, afin de mieux appréhender les risques engendrés par cette forme de pollution et de prendre les mesures qui s'imposent pour les eaux d'alimentation, un suivi de la contamination de cinq rivières de la région a été mis en place par le Service Régional de l'Aménagement des Eaux, la Direction Régionale de l'Action Sanitaire et Sociale et le Conseil Supérieur de la Pêche.

Le choix des pesticides s'est orienté sur ceux utilisés pour le maïs, culture représentant à elle seule, en Bretagne, près du quart de la Surface Agricole Utile (S.A.U.). Les principaux traitements mis en œuvre sur cette culture sont :

- des traitements insecticides du sol visant certains ravageurs tels que les taupins, scutigères, geomyza, et certains nématodes des racines. On estime que sur les 430 000 hectares de maïs cultivés en Bretagne, 1 600 tonnes d'insecticides sont employées annuellement. Les produits à base de Lindane, de Carbofuran et de Terbufos représentent 90 % des quantités utilisées ;

- des applications d'herbicides pratiquées en pré- ou postlevée de la culture. En Bretagne, chaque hectare de maïs est désherbé en moyenne 1,5 fois. Avec environ 50 % de la surface désherbée, l'Atrazine constitue le désherbant de base des cultures de maïs. Le Dinoterbe (colorant nitré) et le Pyridate (Pyridazines) sont également largement utilisés (40 % de la surface désherbée).



M. Paugam

En se développant sur les terrains humides, la culture du maïs constitue une grave menace pour la qualité de l'eau.

Compte tenu du coût élevé des analyses, seules les matières actives suivantes ont pu être recherchées: le Lindane; le Carbofuran, les Triazines (Atrazine et Simazine).

Les critères de choix des points de prélèvement dans les rivières ont porté sur les usages de l'eau (prise d'eau potable), sur l'intensification de la culture du maïs sur le bassin versant et enfin sur les critères lithologiques (bassins versants granitiques et schisteux). Dix prélèvements ont été réalisés pendant et après la période principale d'utilisation de ces produits. Certaines prises d'échantillons ont eu lieu, de préférence, après les épisodes pluvieux.

Le rôle important de la pluviométrie

• Tous les pesticides recherchés ont été retrouvés pratiquement à chaque point de prélèvement et dans toutes les

séries de prises d'échantillon. Le Carbofuran fait cependant exception, il n'a été mis en évidence que sur trois des cinq rivières et uniquement après les épisodes pluvieux.

• L'évolution des concentrations et des flux présente des pics étroitement corrélés aux épisodes pluvieux.

• Pendant toute la durée de l'étude, l'Aven (bassin versant granitique) a présenté des flux et des concentrations nettement plus faibles que ceux observés sur les rivières à bassin versant schisteux (Seiche et Vilaine).

• Les Triazines ont constitué l'essentiel des flux observés pendant la durée de l'étude.

• L'Atrazine pose un problème pour la production d'eau potable. 92 % des échantillons d'eau brute prélevés dépassaient la norme eau potable C.E.E. (0,1 µg dans l'eau distribuée) et 50 % étaient supérieurs à la norme O.M.S. (établie à 2 µg pour l'eau distri-

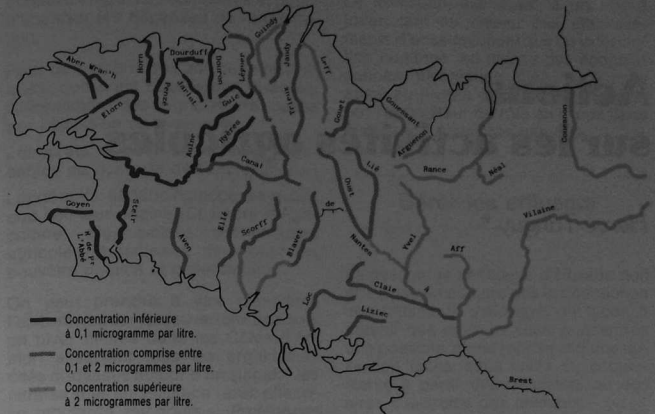


Fig. 2: Concentrations maximales en atrazine observées en 1990.

buée). Au-delà du seuil des 2 µg dans l'eau distribuée, le Conseil d'Hygiène de France considère que l'eau n'est plus potable, ce qui pose la question de l'efficacité des traitements de potabilisation lors de très fortes concentrations dans les eaux brutes. Ces observations ont été confirmées par les résultats des enquêtes menées par les DDASS dans les départements. La carte de synthèse des concentrations maximales en Atrazine relevées en 1990 dans les rivières de la région précise bien l'importance du problème posé par cet herbicide dans le cadre du respect de la législation sur l'eau.

• La présence simultanée de plusieurs pesticides a été constatée à plusieurs reprises ce qui pose également un problème pour la production d'eau potable. En effet, sans préjuger de l'efficacité des traitements de potabilisation mis en œuvre sur ces eaux brutes, 80 %

des échantillons prélevés dans les rivières dépassaient la norme eau potable C.E.E. établie à 0,5 µg.

En Bretagne, l'existence d'une contamination chimique des eaux superficielles par les pesticides n'est plus à démontrer. Cette contamination a des répercussions sur la production d'eau potable et vraisemblablement sur les milieux aquatiques. Le rôle important joué par la pluviométrie sur les variations de concentrations dans le milieu aquatique illustre bien le caractère diffus de cette pollution. La restauration d'un niveau de qualité acceptable ne peut s'envisager que par une réduction des quantités de pesticides employés. A terme, sur certains versants, la dégradation de la qualité des eaux brutes par les pesticides et les nitrates pourrait interdire sur certaines périodes de l'année l'accès à la ressource en eau potable.

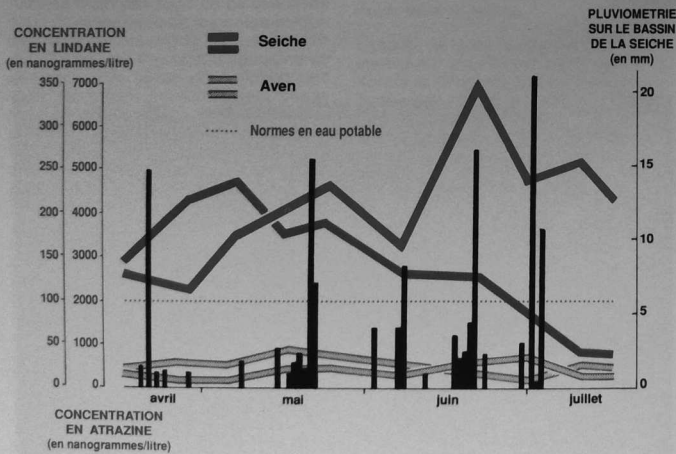


Fig. 1: Évolution des concentrations en atrazine et lindane dans la Seiche et l'Aven - 1989. (source S.R.A.E. Bretagne).

Actions sur les activités agricoles

Hervé Tanguy *

Parmi les actions préventives, celles qui concernent l'activité agricole doivent intégrer les caractéristiques particulières de cette activité : la multiplicité des acteurs, le caractère diffus et intermittent des pollutions, la complexité des mécanismes biologiques en jeu.

On est donc conduit à mener simultanément plusieurs types d'actions, faisant appel aux techniques de communication, à la recherche fondamentale ou appliquée, au conseil agricole, à l'agronomie, à diverses technologies.

Les agriculteurs sensibilisés

On a assisté ces dernières années à une évolution de la sensibilisation des agriculteurs à la pollution d'origine agricole. La perception des problèmes d'environnement a changé ; mais surtout, de nombreux agriculteurs ont pris conscience du fait que la prise en compte de l'environnement devenait incontournable, qu'elle faisait partie des paramètres influençant de manière forte l'exercice de leur activité.

* Conseil Général des Côtes-d'Armor.
Service Départemental de l'Agriculture et de l'Environnement.

La responsabilité de l'agriculture dans la dégradation de la qualité des eaux, aux côtés d'autres sources de pollution, n'est plus niée par la majeure partie des agriculteurs : à la question posée en 1987 à tous les exploitants agricoles du petit bassin versant de la Noë Sèche, « l'activité agricole est-elle actuellement source de pollution ? », 100 % ont répondu par l'affirmative, et 85 % ont estimé que leur propre exploitation pouvait poser des problèmes à ce titre (contre 10 % en 1981).

Cependant, les impératifs économiques sont souvent avancés en justification des pratiques ou des systèmes de production.

De fait, l'enjeu de l'agriculture bretonne est de concilier son développement avec les impératifs de préservation de l'environnement.

Former et informer

Un des rôles de l'information des agriculteurs sera de montrer que les deux objectifs ne sont pas forcément opposés : c'est ainsi qu'une pratique raisonnée de fertilisation des cultures permet la plupart du temps de diminuer les

achats d'engrais du commerce et donc, d'abaisser les dépenses de l'exploitation.

Pour de nombreuses solutions techniques, que nous aborderons ci-après, l'information des agriculteurs passe par l'émission de messages :

- concrets, et donc directement applicables au contexte de l'exploitation,
- cohérents, et donc homogènes quelle que soit leur origine (Chambre d'Agriculture, organisations économiques agricoles, organismes de recherche, pouvoirs publics et collectivités).

On peut prendre à titre d'exemple l'opération pour la couverture des sols en hiver menée dans les Côtes-d'Armor, associant tous les organismes cités ci-dessus autour d'un slogan " les nitrates sous surveillance : avec phacélie, moutarde, ray grass, ... Protégeons la qualité de l'eau ". Ce thème a fait l'objet de nombreux articles dans la presse, d'une campagne d'affichage rurale et de distribution de documents dans les points de vente des coopératives agricoles. Cette campagne de communication a été menée au moment où les exploitants agricoles devaient faire le choix de la pratique visée.

La formation, elle aussi, a un rôle à jouer, tant au niveau des établissements d'enseignement que de la formation continue. Au niveau des connaissances techniques bien sûr ; mais aussi au niveau de la compréhension par l'agriculteur du rôle qu'il joue dans les grands équilibres naturels.

Gérer les effluents

La gestion des effluents d'élevage doit être prise en compte dès la conception des bâtiments d'élevage, de façon à obtenir des produits aussi concentrés que possible, d'une reprise et d'une utilisation facile, sans fuites ou écoulements à partir des bâtiments ou des aires d'exercice des animaux.

Le parc de bâtiments existant pose à ce titre de nombreux problèmes. Il est nécessaire dans de nombreux cas de réaliser les types de travaux suivants :

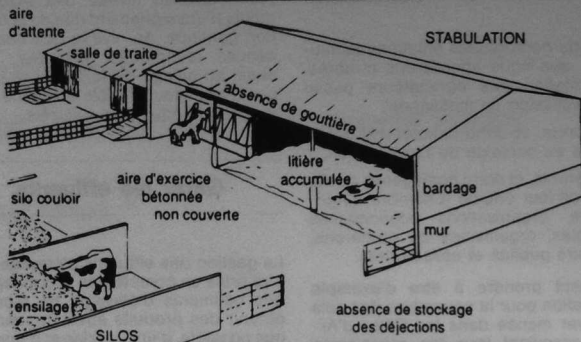
- augmentation des capacités de stockage des déjections animales : une autonomie de stockage suffisante est nécessaire pour éviter tout risque de



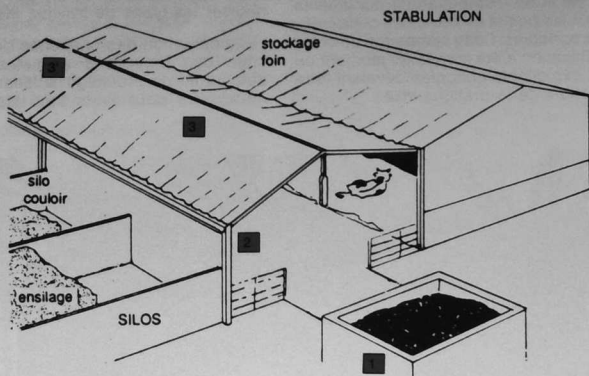
J.P. Ferriand

Abords d'exploitation « traditionnels ».

SITUATION DE DEPART

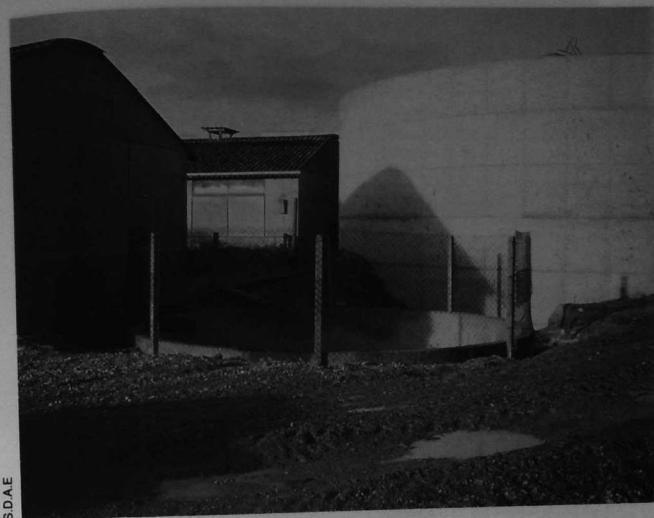


EXEMPLE DE TRAVAUX A REALISER



- Création ou extension de fosse à lisier ou fumière
- Mise en place de gouttières
- Couverture de l'aire d'exercice bétonnée
- Couverture de l'aire d'attente

Travaux à réaliser dans les sièges d'exploitation - (extrait de la brochure « l'agriculteur face à la pollution de la Baie » - Conseil Général des Côtes d'Armor).



S.D.A.E

Fosse à lisier de grande capacité près des bâtiments d'élevage : une autonomie de stockage de six mois minimum.

débordements ou d'épandage dans de mauvaises conditions. Si l'on veut en plus gérer les effluents d'élevage, une autonomie de stockage de 6 mois constitue un minimum (voir tableau n° 1),

- séparation des eaux pluviales : les eaux de pluies diluant les effluents, prennent de la place dans les fosses et diminuent la valeur fertilisante de ces produits,
- suppression des ruissellements : toutes les eaux souillées doivent être dirigées vers des dispositifs de stockage ou d'épuration.

Ces travaux sont en général coûteux : sur près de huit cents exploitations des Côtes-d'Armor, la moyenne des montants des travaux par exploitation dépasse cent vingt mille francs. C'est pourquoi des aides financières sont mises en place dans certains secteurs de la région.

Pour les bâtiments neufs, on observe une évolution dans la conception

même du bâtiment d'élevage par rapport à la gestion des effluents. On peut penser qu'à terme les sous-produits des élevages seront tout à fait différents de ce que l'on connaît aujourd'hui.

Maîtriser les déjections animales

Pour éviter les fuites d'éléments potentiellement polluants vers les eaux, l'agriculteur doit veiller à ce que les produits qu'il emploie ne soient pas entraînés vers les eaux, adapter ses apports aux besoins des cultures.

En Bretagne, étant donnée l'importance de l'élevage, la maîtrise de l'utilisation des déjections animales prend une importance particulière.

Les conditions d'épandage à proscrire sont la plupart du temps reprises par les réglementations sanitaires. Elles portent sur la topographie, l'aptitude des sols à recevoir des épandages, les

| CATÉGORIE DE CHEPTEL | CAPACITÉS DE STOCKAGE CONSEILLÉES PAR ANIMAL SUIVANT LES MODES DE STOCKAGE (*) (calculs réalisés pour une durée de 6 mois) | | |
|------------------------------------|--|----------------------------------|---|
| | FOSSÉ A LISIER m ² /place | FUMIÈRE m ² /place | FOSSÉ + m ² /place |
| PORC | | | |
| • Engraissement | 1,5 | 0,3 | 0,75 |
| • Maternité | 3 | 0,9 | 1,5 |
| • Gestante - Verraterie | 2,5 | 0,6 | 1,15 |
| • Post-sevrage | 0,5 | 0,15 | 0,25 |
| BOVINS | | | |
| • Taurillons | 5 | 2,25 | 1,5 |
| • Veaux de boucherie | 2 | - | - |
| • Vaches laitières | | | |
| Aire d'exercice couverte | 6 | 5 (**) | 3 |
| Aire d'exercice non couverte (***) | 6 + 500 l/m ² d'aire découverte | 5 (**) | 3 + 500 l/m ² d'aire découverte |
| • Génisses | | | |
| - Aire d'exercice couverte | 4-5 | 3 | 2 |
| - Aire d'exercice non couverte | 6-8 | 3-4 | 4 |

(*) Ces capacités de stockage font par ailleurs l'objet d'une réglementation.

(**) Pour éviter un stockage au champ en hiver du fumier de l'aire de couchage des bovins, on peut prévoir en plus 1,5 à 2,5 m² de fumière par vache laitière.

(***) Dans la plupart des cas, il vaut mieux couvrir les aires bétonnées, pour réduire la capacité de stockage.

Tableau n° 1
Capacités de stockage nécessaires pour les déjections animales.

conditions météorologiques (périodes de gel, pluies, sols saturés en eau) et les distances à respecter par rapport aux points d'eau et aux cours d'eau.

Les périodes automnales et hivernales sont particulièrement défavorables aux apports de déjections animales du fait des risques de ruissellement et de lessivage :

- La saturation des sols en eau, aggravée par l'absence de couvert végétal ou un tassement des sols par les engins de récoltes, favorise le ruissellement et donc les risques de pollution liés à ce type de circulation des eaux. A titre indicatif, les germes fécaux, susceptibles d'engendrer des pollutions bactériennes, subsistent deux mois sur le sol après épandage, en conditions hivernales.

- Les risques de lessivage sont forts lorsque des apports d'automne sont faits, se cumulant aux reliquats d'azote de la fin de l'été, et en l'absence d'une

consommation hivernale de cet élément par les plantes.

La reprise des pluies au début de l'hiver entraîne l'ion nitrate en profondeur du fait de sa solubilité, hors de portée des racines des plantes. Ce risque existe, quel que soit le mode de fertilisation azotée (lisier, engrais du commerce). Des recherches doivent cependant encore être menées sur la dynamique de l'azote des lisiers et fumiers, ainsi que sous prairie.

La mise au point d'un système d'avertissement à l'épandage est testée dans le Département des Côtes-d'Armor avec le CEMAGREF de Rennes. On peut espérer que cet outil, complémentaire de la réglementation, apportera plus de souplesse et de fiabilité à l'acte d'épandage des effluents.

Enfin, des progrès devaient être faits en améliorant la conception des matériels d'épandage sur la régularité de l'épandage, la fiabilité des doses apportées

(surtout pour de faibles apports), l'enfouissement direct sur prairie ou sur chaumes, etc.

Les organismes de recherche et de développement ont largement contribué à diffuser la notion de bilan. Cette notion s'appuie sur une équation apparemment simple :

Bilan = somme des apports d'un élément fertilisant (N, P, K, ...) - somme des exportations.

En réalité, les mécanismes sont plus compliqués et conduisent, pour l'azote, à l'équation ci-contre :

| APPORTS DE L'AZOTE | DEVENIR DE L'AZOTE |
|---|--|
| - Minéralisation des matières organiques du sol | - Exportation par les cultures |
| - Minéralisation des résidus de la culture précédente | - Dénitrification |
| - Fixation de l'azote de l'air | - Réorganisation et stockage dans le sol |
| - Apports par la pluie | - Lessivage |
| - Reliquats d'engrais non consommés par la culture précédente | - Volatilisation au cours des épandages |
| - Apports d'engrais du commerce | |
| - Apports de déjections animales | |

Tableau n° 2

| | N | P205 | K20 |
|--|-------|-------|-------|
| BOVINS : | | | |
| • Vache laitière (/place) | 73,0 | 36,0 | 91,0 |
| • Vache allaitante (/place) | 51,1 | 25,2 | 63,7 |
| • Génisse 0 - 1 an (/place) | 21,9 | 10,8 | 27,3 |
| • Génisse 1 - 2 ans (/place) | 43,8 | 21,6 | 54,6 |
| • Génisse > 2 ans (/place) | 58,4 | 28,8 | 72,8 |
| • Génisse 0 à 2 ans (/place) | 36,5 | 18,0 | 45,5 |
| • Bovin viande 0 - 1 an (/place) | 21,9 | 10,8 | 27,3 |
| • Bovin viande 1 - 2 ans (/place) | 43,8 | 21,6 | 54,6 |
| • Bovin viande > 2 ans (/place) | 51,1 | 25,2 | 63,7 |
| • Taurillon laitier 0 à 2 ans (/place) | 32,85 | 16,2 | 40,95 |
| • Veau de boucherie produit | 2,1 | 1,0 | 2,0 |
| PORCINS : | | | |
| • Porc charcutier produit après post-sevrage | 3,5 | 3,0 | 2,2 |
| • Truie ou verrat présent | 17,5 | 15,0 | 11,0 |
| • Porcelet produit en post-sevrage | 0,7 | 0,6 | 0,44 |
| VOLAILLES DE REPRODUCTION : | | | |
| • Poule pondeuse ou reproductrice (/place) | 0,5 | 0,7 | 0,4 |
| • Dinde reproductrice (/place) | 1,0 | 1,4 | 0,8 |
| • Poulette démarrée produite | 0,125 | 0,175 | 0,1 |
| • Dinde future reproductrice produite | 0,25 | 0,35 | 0,2 |
| VOLAILLES DE CHAIR/m² | | | |
| • Poulet de chair produit (40 j.) | 4,3 | 4,4 | 2,5 |
| • Dinde de chair produite | 0,04 | 0,04 | 0,02 |
| • Poulet label produit | 0,22 | 0,22 | 0,13 |
| | 0,13 | 0,13 | 0,08 |
| • Canard/m ² | 2,2 | 3,2 | 1,6 |
| • Par canard produit | 0,069 | 0,10 | 0,05 |
| • Lapin par cage mère | 4,5 | 6,7 | 3,7 |
| • Lapins produits | 0,084 | 0,126 | 0,065 |
| • Brebis présente | 10,0 | 6,0 | 16,0 |
| • Agneaux produits | 3,0 | 1,8 | 4,8 |
| • Agnelle présente | 5,0 | 3,0 | 8,0 |

Tableau n° 3

Quantités moyennes d'azote, de phosphore et de potassium produites par les animaux après stockage. (En kg de N, P205, K20) (Source CORPEN).

Le cycle de l'azote est largement influencé par les conditions du milieu (aération, température, humidité,...). La gestion de l'azote dans le système sol-plante, qui intégrera les contraintes de l'exploitation (existences de lisiers, de fumiers, etc.), suppose donc une bonne maîtrise de la part de l'exploitant agricole. Dans ce but, la recherche, fondamentale comme appliquée, doit acquérir les références nécessaires dans le contexte pédoclimatique breton et pour différents systèmes de production. Divers travaux sont en cours actuellement.

L'exploitant agricole doit intégrer un mode de raisonnement qui s'accommode mal des "recettes" et du systématisme en :

- se fixant des objectifs de rendements réalistes,

- prenant en compte toutes les sources d'éléments fertilisants (restitution par le sol, ...) pour calculer les doses d'effluents d'élevage et, si besoin, de fertilisants extérieurs à l'exploitation,

- pratiquant les apports au bon moment (conditions d'apport, fractionnement des apports en fonction de l'absorption par la culture) avec le souci d'éviter les fuites vers le milieu aquatique.

Pour l'aider à ajuster les quantités d'effluents d'élevage à épandre, l'agriculteur dispose aujourd'hui de méthodes d'analyse rapide du lisier. De plus un

effort important de connaissance de la production de N, P, K par les animaux a été réalisé ces dernières années, qui a conduit, sous l'égide du CORPEN**, à l'adoption de normes reconnues par les spécialistes et les conseillers agricoles (tableau n° 3 : normes du CORPEN). En pratique, l'application de telles règles devrait se traduire par une meilleure utilisation des déjections animales et une diminution des engrais du commerce.

Un travail du sol approprié

Le maintien de l'état du sol est parfois considéré comme secondaire.

Mais le taux d'humus et la structure d'un sol conditionnent son fonctionnement hydrique et biologique avec des conséquences sur l'alimentation minérale des plantes, la circulation de l'eau, la sensibilité au tassement et à l'érosion, etc.

Une pratique adaptée d'amendements organiques et calciques, de rotations équilibrées, un travail du sol approprié sont autant de notions qui apparaissent dans les cours d'enseignement agricole et qui doivent rester une réalité au niveau du terrain.

** Comité d'Orientation Pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates et les Phosphates provenant des activités agricoles.

| | RAY GRASS D'ITALIE | PHACELIE | MOUTARDE | COLZA |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|
| Date de semis | Jusqu'à octobre | Jusqu'à fin août | Jusqu'à mi-sept. | Jusqu'à mi-sept. |
| Quantité de semence/ha | 20 à 30 kg | 10 à 12 kg | 15 kg | 10 kg |
| Nécessité de broyage mécanique | Indispensable | Si absence de gel | Détruit si absence de gel | mi-mars |
| Période de destruction | Mi-Mars | Seulement si absence de gel | Seulement si absence de gel | Indispensable |
| Coût semence par ha | 370 F | 450 F | 230 F | 180 F |

Tableau n° 4

Couvertures des sols en hiver : mode de culture des différentes espèces végétales (source E.D.E. 22).

| | CRUCIFÈRES | GRAMINÉES | PHACELLE |
|---------------|---|---|--|
| AVANTAGES | - Rapidité d'implantation | - Très bonne aptitude à valoriser l'azote minéral ou provenant d'un apport de lisier | - Levée et croissance rapide - Excellente aptitude à valoriser l'azote minéral résiduel ou provenant d'un apport de lisier précédant le semis - Lessivage réduit de 50 à 90 % - Destruction naturelle, d'où opérations réduites au printemps. |
| INCONVÉNIENTS | - Repousses de colza dans cultures suivantes : à éviter si culture de colza graine dans la rotation - Colza : mauvais précédant maïs - Colza : destruction précoce, broyage vers la mi-mars | - Implantation plus lente et quantité de matière sèche produite plus faible - RGI : destruction précoce pour éviter effet dépressif sur culture suivante (mi-mars) | - Très sensible au gel (destruction de la plante) Dans ce cas, devenir de l'azote ? |

Tableau n° 5

Couvertures des sols en hiver : avantages et inconvénients des différentes espèces végétales (source E.D.E. 22).

Comme exposé plus haut, la couverture des sols en hiver par des cultures est un impératif tant sur le plan de l'environnement que sur le plan agronomique, pour limiter le ruissellement ainsi que le lessivage (rétention de 40 à 100 kg N/ha selon les cas et jusqu'à plus de 200 kg N/ha!), protéger la structure des sols, "stocker" les éléments fertilisants qui pourront ainsi être utilisés au printemps.

Différentes plantes peuvent être utilisées (voir tableaux n° 4 et n° 5). Cependant certaines rotations et certaines cultures posent problèmes : c'est ainsi qu'on est aujourd'hui désarmé pour implanter une culture dérobée ou un engrais vert après un maïs, en attendant l'implantation d'une culture de printemps.

Que faire de l'excédent ?

L'application des règles de la fertilisation raisonnée conduit dans certains

cas à la mise en évidence d'un excédent de déjections animales sur certaines exploitations, voire dans des secteurs entiers de plusieurs communes.

Le diagnostic de l'existence de situations excédentaires est maintenant facilité par la mise au point, par le CORPEN, d'une méthode de calcul du bilan global de l'exploitation. Cette méthode, qui a été mise sur support informatique, devrait être largement utilisée par les exploitants agricoles et leurs conseillers, afin de préciser le devenir des lisiers et fumiers produits par l'exploitation. De plus, les normes définies par le CORPEN permettent de calculer des bilans à l'échelle communale, à partir des statistiques du Recensement Général de l'Agriculture de 1989.

Face à un excédent global sur une ou plusieurs communes, on doit se poser deux questions : quelle attitude adopter vis-à-vis de nouvelles demandes de création ou d'extension d'élevage sur ce secteur ? Que faire pour gérer l'excédent existant ?

La réponse à la première question appartient au Préfet. On voit mal cependant que de nouveaux élevages puissent être autorisés dans de tels secteurs sans garanties solides vis-à-vis du devenir des déjections ainsi produites. ("Transparence" des épandages dans tout le secteur considéré, quantités exportées ou traitées, possibilités de contrôle).

En ce qui concerne la gestion des excédents existants, les moyens envisageables sont à adapter au contexte de chaque secteur : pour des exploitations excédentaires isolées ou pour des communes faiblement excédentaires entourées de communes déficitaires, les échanges entre agriculteurs peuvent constituer une solution suffisante. Selon les cas, ils pourront se faire de manière spontanée ou plus ou moins organisée (annonces, banque de lisier). Il importe qu'ils se fassent avec une bonne connaissance des quantités et de la qualité des produits échangés, dans le respect des règles de la fertilisation raisonnée. Mais quand les distances s'allongent, les coûts de transports deviennent prohibitifs, surtout pour les produits les plus dilués (un lisier de porcs contient en moyenne 95 % d'eau).

Ces différents points ont été mis en évidence dans une expérience pilote de banque de lisier entre Hénan-bihen et Plénée-Jugon (Côtes-d'Armor). Il en résulte que lorsque l'excédent s'étend à des noyaux importants de communes, il faut passer à des solutions plus sophistiquées, mais aussi plus coûteuses :

- exportation des déjections animales les plus concentrées (déjections avicoles) vers des secteurs éloignés des zones de production. Une partie peut être exportée à l'état brut, pour certaines utilisations, si elles présentent des caractéristiques suffisantes. Pour le reste, il faut prévoir une transformation ou un traitement,

- traitement des déjections : ce sujet est abordé au chapitre suivant. Différents pilotes sont en place afin de tester la faisabilité technique et économique de ces traitements, ainsi que les possibilités de débouchés pour les sous-produits en découlant.

- D'autres approches voient actuellement le jour, qui pourraient contribuer à rééquilibrer les bilans excédentaires : au niveau des apports, par la diminution des teneurs en azote et phosphore des déjections animales (différentes recherches sont en cours dans le but de diminuer les apports dans l'alimentation (adaptation aux besoins des animaux) et d'améliorer la digestibilité des formes apportées ; au niveau des exportations, en envisageant de donner la préférence à des cultures fortement exportatrices d'azote qui seraient utilisées hors des zones de production.

Utiliser moins de produits de traitement

Les résultats récents de recherche de pesticides dans les eaux de consommation bretonnes confirment la nécessité d'une utilisation raisonnée des produits de traitement, à l'image du raisonnement de la fertilisation : utilisation de produits moins nocifs, diminution des matières actives, périodes et conditions de traitement, etc., dans le cadre d'une lutte intégrée.

Le rôle de l'agriculture sur la gestion du milieu est fondamental : en Bretagne, l'agriculture exploite 70 % de la surface totale. L'activité agricole doit pouvoir s'adapter aujourd'hui aux contraintes et aux potentialités du milieu naturel "coller au terrain", en quelque sorte.

Équilibre entre économie et écologie

D'abord vis-à-vis de certains milieux fragiles : on peut citer l'"assainissement" des zones humides, qui est à proscrire ; ou le maintien de mailles bocagères suffisantes en protection des fonds de vallées. Plus généralement, on peut imaginer qu'en fonction des niveaux de contraintes d'environnement, différents systèmes de production coexistent : c'est déjà la démarche adoptée dans les périmètres de protection des captages publics d'eau potable ou dans certains bassins versants sensibles.



S.D.A.F.

Le monde agricole a pris conscience qu'il doit réduire les excès de pratiques trop longtemps mal maîtrisées.

A ces contraintes d'environnement s'ajoutera le désir légitime du consommateur d'avoir des garanties de qualité des produits. A titre d'exemple, différents experts européens s'attendent à une très forte progression de la demande de produits alimentaires disposant du label "agriculture biologique" qui pourrait dépasser 10 % du marché.

C'est un véritable défi pour l'activité agricole de pouvoir continuer à fonctionner dans le contexte économique que l'on connaît tout en participant activement à la reconquête de la qualité de l'eau. Mais l'effort ne peut pas être à sens unique : l'agriculture reste le support de l'économie bretonne et la principale organisatrice du milieu. La collectivité doit l'aider à concilier ces différentes tâches. C'est l'objet de différents programmes en cours au plan régional (Programme *Bretagne Eau Pure*, par exemple) ou au plan local (voir à titre

d'exemple le chapitre sur le Programme *Vert et Bleu* de la Baie de Saint-Brieuc). C'est aussi dans cet esprit que la Communauté Économique Européenne met en place des aides pour les pratiques agricoles et les systèmes de production respectueux de l'environnement ("*amicaux pour l'environnement*" disent les Anglais). Mais se posera alors le problème de la pénalisation des pratiques qui manifestement portent atteinte à l'environnement.

Comme on peut le voir, en matière de qualité d'eau, les actions préventives concernant l'activité agricole sont nombreuses et complexes ; elles mettent en cause plus ou moins fortement les modèles en place. C'est l'action concertée des différents organismes et courants de pensée intéressés qui permettra de trouver un équilibre acceptable entre les impératifs économiques et les exigences de l'écologie.

CARTES POSTALES

Coucher de soleil sur "les Tas de Pois",
plein cadre sur le raisin de mer...
Des images à offrir ou à s'offrir
pour le plaisir de l'émerveillement.



POSTERS

Gros plan sur le renard, arrêt sur image :
l'écureuil... le monde animal à votre portée.
Vente par correspondance ou au siège de la SEPNB,
186, rue Anatole-France - 29200 Brest.



REVUES DEJA PARUES



Nitrates, marées vertes,
pollution par les matières
organiques, etc.
Le Penn ar Bed n° 137,
premier tome du dossier
consacré aux problèmes
de l'eau en Bretagne est
encore disponible au prix
de 50 F.

Cartes Postales 3 F - Posters 15 F

En vente au siège de la SEPNB

186, rue Anatole France - B P 32 - 29276 Brest cedex - Tél. 98.49.07.18



FALAISES VIVANTES

Les falaises littorales, masses de
terre et de roches surgissant du
tumulte de l'océan, hébergent une
faune et une flore aussi variées
qu'originales.

C'est aussi un des plus grands
spectacles que puisse nous offrir la
nature. Par centaines, par milliers,
goélands, mouettes tridactyles,
guillemots, pingouins, macareux,
fous de Bassan, cormorans,
fulmars... luttent pour la conquête
d'un territoire, paradent, fabriquent
ou non des nids, s'accouplent,
pondent, couvent, et, après les
éclosions, nourrissent et élèvent
leurs jeunes dans une frénésie de
vols et de cris.

durée : 35 mn

prix : 220 F (+ 15 F de port)

CHRONIQUE D'UNE FALAISE SANS HISTOIRES

Depuis 1979 des milliers de mouettes
tridactyles ont été marquées
individuellement, à l'aide d'un code
de bagues de couleurs, dans les
colonies de la réserve biologique de
Goulien - Cap Sizun (Finistère), par
Jean-Yves Monnat et ses
collaborateurs.

Le suivi, durant trois saisons, d'un
même secteur de falaise et de ses
locataires, permet une approche très
précise du fonctionnement social de
la colonie, à travers les histoires
individuelles, toutes originales, de
ces mouettes, d'identité, d'âge et de
sexe connus.

durée : 25 mn

prix : 220 F (+ 15 F de port)



Cassettes Vidéo - VHS SECAM

En vente au siège de la SEPNB

186, rue Anatole France - BP 32 - 29276 Brest cedex - Tel. 98.49.07.18.

