

# La dénitrification dans un marais littoral pour lutter contre la prolifération des algues vertes (Kervigen, baie de Douarnenez)

Michel Merceron<sup>(1)</sup>, Jean-Yves Piriou<sup>(2)</sup>, Daniel Coïc<sup>(3)</sup>

(1) Ifremer, département d'écologie côtière, BP 70, 29280 Plouzané  
(E-mail : [michel.merceron@ifremer.fr](mailto:michel.merceron@ifremer.fr))

(2) Agence de l'Eau Loire-Bretagne, BP 40521, 44105 Nantes

(3) Eel, 20, hameau des 4 vents, 29260 Ploudaniel

## Résumé

Le marais littoral de Kervigen, 22 ha presque entièrement couverts de roseaux, a été utilisé à titre expérimental pour abaisser les flux nutritifs d'un ruisseau côtier, le Kerharo. Celui-ci draine un bassin versant de 45 km<sup>2</sup> essentiellement agricole. Par ses apports de nitrate sur la plage où il débouche, il alimente une prolifération d'algues vertes (ulves). Pour parvenir à limiter ces flux azotés, le cours d'eau a été partiellement dérivé afin de faire transiter une fraction de son débit à travers une partie du marais (9 ha) avant que cette eau soit ramenée au lit principal. Un barrage démontable a ainsi été mis en place durant le printemps et l'été (période de croissance des ulves), pendant plusieurs années. L'abattement de nitrate mesuré sur ce flux en transit varie entre 60 et 90 %, ce qui est considérable (~ 200 kg NO<sub>3</sub>/j). Le temps de séjour de l'eau dans le marais est estimé à 0,5-5 jours. La diminution de nitrate est due à l'accroissement de la biomasse des roseaux et surtout à une dénitrification bactérienne.

Cette réduction du flux azoté à la côte tend certainement à réduire le phénomène de « marée verte » mais, dans ce cas, cela n'a pu se traduire de façon visible sur la plage où débouche le ruisseau. En effet, pendant ces essais, il s'est avéré qu'en baie de Douarnenez les algues vertes étaient véhiculées d'une anse à l'autre par le transit littoral et pouvaient donc provenir des anses voisines qui sont également favorables à leur croissance.

Néanmoins, une installation plus robuste de dérivation du Kerharo est actuellement en cours de réalisation. Elle permettra d'utiliser saisonnièrement et de façon fiable cette capacité du marais de Kervigen à dénitrifier. Par ailleurs, un recensement des milieux analogues, présentant un biotope voisin ou susceptible d'être aménagé dans ce sens, montre que des potentialités de cette sorte existent en Bretagne et qu'elles sont en quantité limitée.

Ce type d'action reste cependant un moyen palliatif de traiter les excédents azotés dans les cours d'eau, et la question reste posée du degré d'importance et de la qualité de l'anthropisation que l'on exerce ainsi sur les marais littoraux. L'utilisation de ces zones humides constitue l'un des outils de la panoplie à envisager pour contrôler la prolifération des algues vertes en Bretagne.

## Abstract

The coastal marsh of Kervigen is located near by the bay of Douarnenez and its 22 hectares are almost entirely covered by reeds. An experiment was there carried out to assess the nitrogen flux depletion of a small stream, the Kerharo. The last one has a 45 km<sup>2</sup>, mostly agricultural, drainage basin. Due to its nitrate loadings to the next sandy beach, it feeds a green algae (*Ulva*) proliferation. In order to control its nitrogen fluxes, the stream was partly diverted through a part of the marsh (9 ha), before it was allowed to go back to the main bed. Thus a collapsible weir was set up during several springs and summers, i.e. the growing period of *ulva*. The nitrate stripping off the going through flux is within a 60 to 90 % range, that is important (about 200 kg NO<sub>3</sub>/day). Fish migration remains possible by a short cut of the marsh. The flushing time of marsh water is estimated to be 0.5 days depending on the flow. The nitrate depletion is caused by reeds growth, and mainly bacterial denitrification.

Certainly, the decrease of the nitrogen flux to the beach contributes to diminish the green algae production in the bay of Douarnenez. Nevertheless, it was not displayed on that beach where the Kerharo stream is coming out. In fact, during these observations, it appeared that in the bay of Douarnenez, green algae can be transported from one cove to another one by longshore currents. Thus they may come from or to coves next to that one which is surveyed, and which also sustain algae growth. But a more solid weir for diverting the Kerharo is being built. The Kervigen marsh capability of natural stripping of nitrate can be seasonally and surely used. Moreover, an inventory of similar milieus in Brittany, having the same function or possibly managed toward this direction, displays some potentialities.

This type of action remains curative means to treat nitrogen loadings in excess, and the question of knowing more about the quantity and quality of anthropic pression which is applied to the coastal marshes arises. Use of these wetlands is one among several tools which must be considered to control the green algae proliferation in Brittany.

## Problématique

L'eutrophisation littorale se définit comme un développement végétal excessif dans les eaux côtières. Elle présente des inconvénients lors de la dégradation du matériel végétal, soit par consommation excessive de l'oxygène de l'eau, soit par émission de liquides et de gaz organiques, parfois toxiques et/ou nauséabonds. Ces proliférations peuvent être constituées soit de phytoplancton, soit de macroalgues. Elles sont provoquées par des apports nutritifs excessifs, restant piégés à la côte du fait d'un hydrodynamisme local faible (Ménesguen, 1990). Concernant les macroalgues vertes du genre *Ulva*, le facteur nutritif déterminant leur prolifération a été clairement défini comme étant l'azote (Piriou *et al.*, 1991 ; Piriou, 1990 ; Ménesguen et Piriou, 1995 ; Dion et Piriou, 1995). Ces algues vertes se développent avec rapidité lorsque coexistent (1) un faible hydrodynamisme côtier (temps de résidence élevé de l'eau, des composés dissous et des algues en suspension), (2) un estran étendu à faible pente, (3) un flux significatif d'azote printanier se déversant directement dans la zone de production. En Bretagne en général, et en baie de Douarnenez en particulier (fig. 1), l'azote qui arrive à la côte dans les sites propices au développement des ulves est essentiellement sous sa forme nitrique qui provient des excédents de l'agriculture intensive.

## Objectif

Pour diminuer fortement les biomasses d'algues vertes produites sur les estrans, il est nécessaire de mettre en œuvre différents moyens de réduction des apports de nitrate venant des bassins versants\*. C'est principalement en amont, au niveau du système agricole, qu'il faut agir, par une diminution des excédents de fertilisation et par l'adoption de meilleures pratiques culturales. L'aménagement de l'espace doit accompagner ces mesures pour permettre au sol et aux zones humides de réduire l'azote, par dénitrification naturelle, lors de son cheminement.

Ces aménagements sont à faire au plus près de l'origine des flux azotés sur l'ensemble du bassin versant, de façon à maximiser la durée de contact entre l'eau nitratée et les zones dénitrifiantes présentes à tous les niveaux (plateaux hydromorphes, bas de champs, bords de ruisseaux, bas-fonds de vallée, etc.). Enfin, le flux azoté résiduel peut être épuré avant son arrivée en mer par un marais côtier quand celui-ci existe. C'est ce dernier cas de figure qui a été testé en bordure de la baie de Douarnenez (Finistère) dans le marais de Kervigen, situé à l'aval du bassin versant du ruisseau nommé Kerharo (fig. 1). Ce travail a été effectué dans le cadre d'un programme de recherche du contrat de plan État-Région Bretagne 1994-1998.

\* Dénitrification : enlèvement de nitrate par différentes voies dont la dénitrification. La dénitrification est la réduction de nitrate en gaz (diazote ou monoxyde d'azote) par voie bactérienne anaérobie.

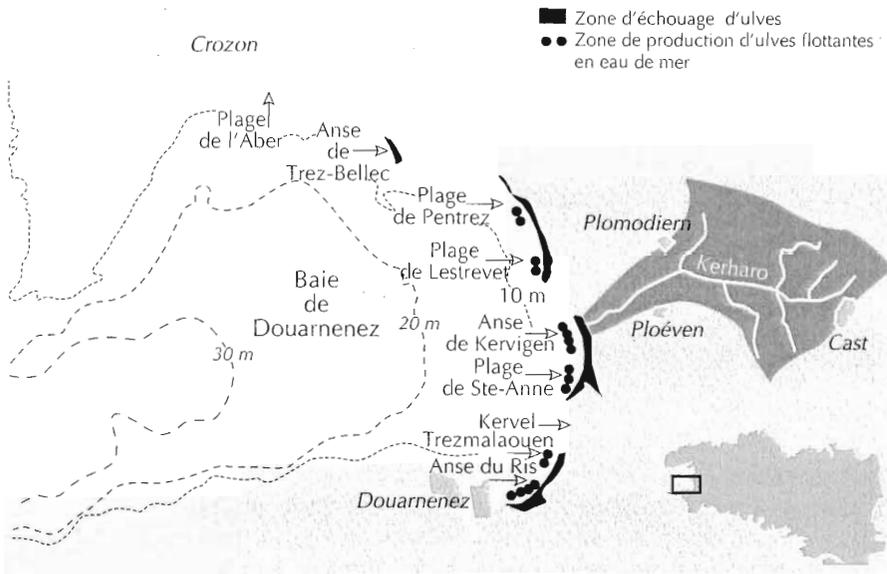


Figure 1 - Carte de localisation de la prolifération et des échouages d'ulves dans la baie de Douarnenez.

## Site et méthodes

Il s'agit d'un marais de 22 ha au total, dont le fond est tourbeux. Situé derrière le cordon littoral (fig. 2), il est presque entièrement couvert de roseaux. Autrefois le lit principal du Kerharo (45 km<sup>2</sup> de bassin versant) serpentait à l'intérieur du marais.

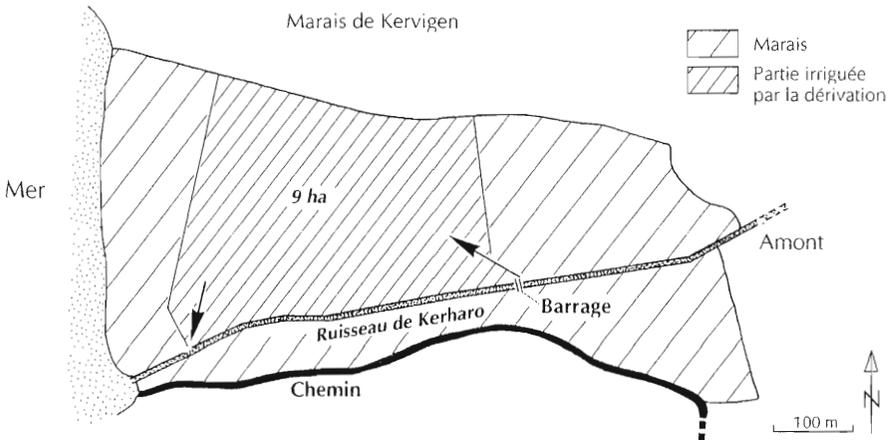


Figure 2 - Le ruisseau de Kerharo et le marais de Kervigen.

Il y a plus de 20 ans, le tracé du cours d'eau a été modifié et un nouveau, rectiligne, a été creusé pour tenter d'évacuer l'eau plus directement. À l'époque le but était d'assécher le marais pour favoriser sa mise en culture. Cette entreprise a échoué car le marais, du fait de sa tourbe, est resté trop humide pour être cultivé classiquement. Depuis, le lit artificiel du cours d'eau est resté en l'état.

L'expérimentation récente consiste donc à faire passer à nouveau une partie de l'eau du ruisseau dans son ancien lit, à l'intérieur même du marais (une réhabilitation en quelque sorte). Grâce à un seuil amovible, installé au printemps et en été dans le lit principal, et à deux ouvertures dans ses rives, une partie du débit est forcée à entrer dans le marais par un point haut et à en ressortir à l'aval pour être réunie à la fraction s'écoulant de façon directe. L'ensemble débouche ensuite sur la plage (fig. 2). Comme le marais possède une pente très faible, l'eau y transite lentement (durée estimée à 12 heures au minimum), et cela sur une partie de la superficie estimée à 9 ha.

Du mois d'avril au mois de septembre, les débits d'eau douce et les concentrations de nitrate sont mesurés régulièrement en amont, en entrée et en sortie du marais, ainsi qu'à l'exutoire en mer. Ainsi on peut calculer d'une part l'abaissement de nitrate redevable au marais (entrée-sortie/entrée) et de l'autre l'efficacité globale de l'ensemble barrage et marais sur le flux global de nitrate provenant du bassin versant (amont-exutoire/amont).

## Résultats

La moyenne des concentrations en nitrate de la saison 1996 est de 42 mg NO<sub>3</sub>/l en entrée du marais de Kervigen et de 11 mg NO<sub>3</sub>/l en sortie (tab. 1). Ces concentrations baissent donc en moyenne de 70 % lors du transit. Les débits d'entrée étant quasiment restitués en sortie, on peut estimer l'efficacité dénitrifiante du marais à 70 % pour cette saison (valeur comprise entre 60 et 90 % ; fig. 3).

La baisse de concentration dans le cours principal est évidemment moindre puisqu'entre les deux tiers et les trois quarts du débit suivent le trajet direct et ne subissent aucun traitement : la teneur moyenne passe de 42 mg NO<sub>3</sub>/l en amont à 31 mg NO<sub>3</sub>/l à l'exutoire (tab. 1).

Concentrations de nitrate dans le Kerharo (1996)			
(mg NO <sub>3</sub> / l)			
	Concentration moy.	Concentration min.	Concentration max.
Amont / Entrée marais	42	28	57
Sortie marais	11	5	22
Exutoire plage	31	12	49

Tableau 1 - Concentrations de nitrate en différents points du Kerharo (saison 1996).

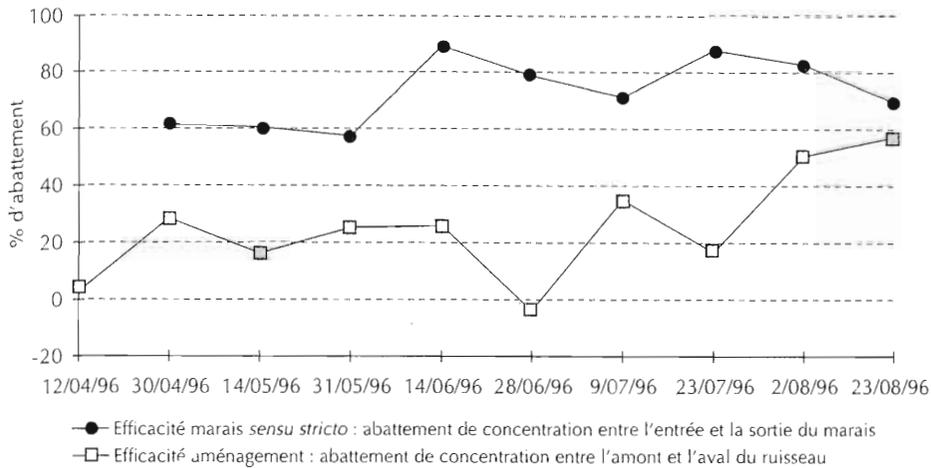


Figure 3 - Rendement de dénitrification du marais de Kervigen lui-même et de l'ensemble barrage + marais.

L'effet global du système barrage + marais est un abattement de 20 % en moyenne des flux de nitrate (de 0 à 60 % selon l'efficacité de la dérivation par le barrage ; fig. 3). Le procédé est donc perfectible.

En valeur absolue, l'abattement moyen est d'environ 200 kg de  $\text{NO}_3$ /jour durant la période de croissance des ulves (tab. 2). Cela correspond à 22 kg de  $\text{NO}_3$ /ha/jour (ou encore 5 kg N/ha/jour).

Des mesures de consommation de nitrate réalisées en 1995 dans le marais de Kervigen ont montré que les roseaux en prélèvent environ 3 kg  $\text{NO}_3$ /ha/j pendant leur période de croissance au printemps. Le reste, 19 kg  $\text{NO}_3$ /ha/j, serait imputable à la dénitrification *sensu stricto* (par voie bactérienne hétérotrophe) et à la croissance du phytoplancton.

	1993	1994*	1995**	1996**
Valeur absolue moyenne (kg $\text{NO}_3$ /j)	<= 300-400	200	<300	200
% du flux global du ruisseau			de 30 à 90	de 5 à 65
moyenne	25	32	50	27
% du flux entrant dans le marais			de 53 à 93	de 60 à 90
moyenne			70	

\* Installation tardive de la dérivation (mi-juin).

\*\* Dérivation temporairement inopérante.

Tableau 2 - Abattement du flux d'azote du Kerharo par le marais de Kervigen.

## Discussion

Les valeurs de dénitrification obtenues dans le marais de Kervigen semblent très élevées par rapport à celles des zones humides relevées dans la littérature : 2,4 kg  $\text{NO}_3/\text{ha}/\text{j}$  (Johnston, 1991) et 8 kg  $\text{NO}_3/\text{ha}/\text{j}$  (Lowrance *et al.*, 1984).

Les rendements de dénitrification très élevés observés ici doivent également être tempérés par ceux, moins bons, observés en 1996 également, dans un autre marais côtier nord finistérien : 10 kg  $\text{NO}_3/\text{ha}/\text{j}$  en moyenne dans l'étang du Pont sur le Quillimadec (Coïc, 1996).

Le marais de Kervigen se singularise par une couverture de roseaux presque complète. Par leur système racinaire important, se développant pour partie dans l'eau, ceux-ci contribuent à freiner le courant d'eau, à augmenter la superficie colonisable par les bactéries dénitrifiantes et à instaurer à leur surface des variations d'oxygénation favorisant leur activité. De plus, les roseaux extraient de l'azote pour l'accroissement de leur biomasse. L'existence d'un substrat tourbeux est susceptible d'accélérer la dénitrification par la fourniture de composés carbonés aux bactéries et de conserver au site son caractère hydromorphe.

Dans son ensemble la qualité du marais de Kervigen, sans doute exceptionnellement favorable au processus de dénitrification, interdit d'en extrapoler directement les résultats à d'autres sites.

Un recensement des marais et des autres zones humides littorales susceptibles d'assurer cette fonction de dénitrification à proximité des sites de marées vertes a néanmoins été effectué par Coïc (1997). Il en ressort qu'en Bretagne, seuls quatre autres sites de ce type abritent des roselières (fig. 4).

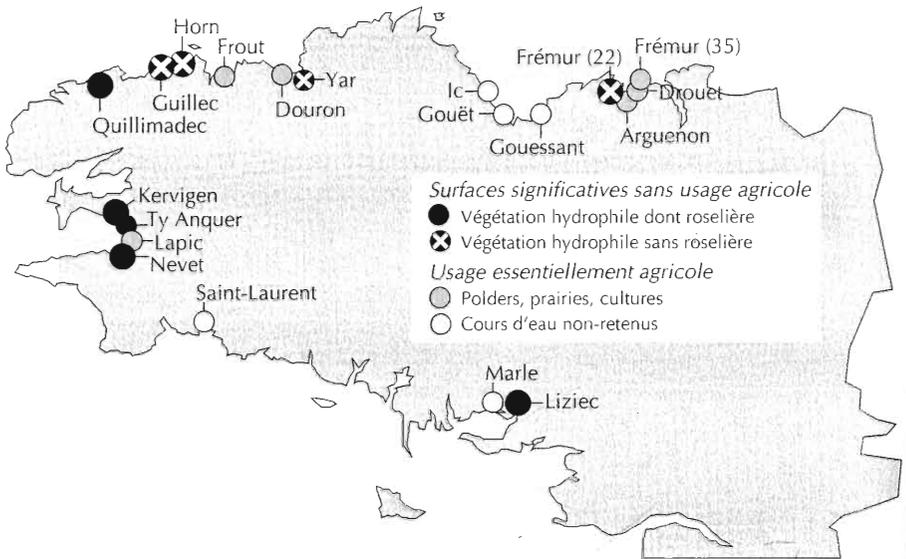


Figure 4 - Potentialités de dénitrification des parties aval des cours d'eau bretons - avec et sans aménagements - en fonction du degré d'hydromorphie et d'usage agricole des rives.

D'autres sites seraient susceptibles d'être utilisables moyennant des aménagements. Les potentialités offertes par ces zones humides constituent un motif supplémentaire de les protéger.

Les marais utilisés pour la dénitrification sont le siège d'une croissance accélérée des roseaux ainsi que d'une décantation de sédiments. Le milieu a donc tendance à se combler et s'enrichir, et il conviendra de prévoir une gestion *ad hoc* de ces biotopes.

Il reste que l'utilisation de ces milieux pour dénitrifier les cours d'eau constitue une mesure palliative, située dans le bas de l'échelle des niveaux d'intervention possibles contre l'enrichissement des eaux côtières. Elle tend également à artificialiser des zones humides déjà fragilisées par l'action humaine.

À l'évidence, la meilleure solution au problème consiste à réduire les excédents azotés agricoles à leur source, secondairement à aménager l'espace rural pour capter le maximum de fuites près de leur origine, la dénitrification en marais côtier ne devant - et ne pouvant - servir que de moyen complémentaire.

### Références bibliographiques

- Coïc D., 1996. Suivi des concentrations et des flux d'azote (nitrate, ammonium) en baies de Douarnenez et de Trésseny (Finistère) au cours du printemps et de l'été 1996. Estimation de leur abattement par les marais littoraux de Kervigen et du Curnic et par l'étang du Pont. Rapport E.E.L., 27 p.
- Coïc D., 1997. Étude du potentiel de dénitrification de marais littoraux en Bretagne et recherche de sites susceptibles d'accueillir des roselières dénitrifiantes. Rapport E.E.L., 29 p.
- Dion P., J.Y. Piriou, 1995. L'eutrophisation. *In* : Consultation nationale sur la filière algue par la mission interministérielle de la mer, novembre 1995, pp. 123-131.
- Johnston C.A., 1991. Sediment and nutrient retention by freshwater wetlands. *In*: Animal waste and the Land-Water Interface (Kenneth Steele ed.), pp. 173-183.
- Lowrance R.R., Todd R.L., Asmussen L.E., 1984. Nutrient cycling in an agricultural watershed : I. Phreatic movement. II. Streamflow and artificial drainage. *J. Environ. Qual.* 13 (1), 22-32.
- Ménesguen A., 1990. Présentation du phénomène d'eutrophisation littorale. *In*: La mer et les rejets urbains, Bendor, juin 1990, Ifremer actes de colloques 11, 35-52.
- Ménesguen A., Piriou J.Y., 1995. Nitrogen loadings and macroalgal (*Ulva* sp.) mass accumulation in Brittany (France). *Ophelia* 42, 227-237.
- Piriou J.Y., 1990. Marées vertes littorales et nitrates. *In*: Symposium International Nitrates-Agriculture-Eau, 7-8 nov. 1990, Paris, pp. 113-120.
- Piriou J.Y., Ménesguen A., Salomon J.C., 1991. Les marées vertes à ulves : conditions nécessaires, évolution et comparaison de sites. *In*: Estuaries and coasts: spatial and temporal intercomparisons, Esca 19<sup>th</sup> Symp., Olsen and Olsen, Milwaukee, Elliot M., Ducrotoy J.P. (eds), pp. 117-122.