
AMELIORATION DES CONNAISSANCES SUR LES
FONCTIONS ET USAGES DES ZONES HUMIDES :
EVALUATION ECONOMIQUE SUR DES SITES TESTS



LE CAS DU MARAIS DE KERVIGEN¹

¹ Pour plus de renseignements sur ce cas d'étude, contacter : stephanie.blanquart@eau-loire-bretagne.fr

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
TABLE DES FIGURES.....	3
TABLE DES TABLEAUX.....	3
1. LOCALISATION ET PRESENTATION GENERALE	5
1.1 RESEAU HYDROGRAPHIQUE ET BASSIN VERSANT AMONT	6
1.2 CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET PEDOLOGIQUES DU MARAIS	7
1.3 CARACTERISTIQUES FLORISTIQUES ET FAUNISTIQUE DU MARAIS	7
1.3.1 <i>Occupation du sol</i>	7
1.3.2 <i>Flore</i>	8
1.3.3 <i>Faune</i>	9
2. CARACTERISATION DU SERVICE EPURATOIRE RENDU PAR LE MARAIS	11
2.1 HISTORIQUE DE LA MISE EN VALEUR DU SITE	11
2.1.1 <i>L'exploitation agricole du marais</i>	11
2.1.2 <i>Les années 1990 : les essais de l'IFREMER montrent des capacités épuratoires élevées du marais</i>	11
2.1.3 <i>Acquisition foncière et aménagement du marais</i>	13
2.2 GESTION ACTUELLE DU MARAIS	16
2.2.1 <i>Règles de gestion des débits</i>	16
2.2.2 <i>La fauche de la roselière et l'exportation des matériaux</i>	16
2.3 PERFORMANCES EPURATOIRES DU MARAIS	17
2.3.1 <i>Dispositif de suivi</i>	17
2.3.2 <i>Résultats</i>	17
2.3.3 <i>Analyse et mise en perspective</i>	19
3. UNE SEDIMENTATION PROGRESSIVE QUI REMET EN QUESTION LES PERFORMANCES ET LA PERENNITE DES AMENAGEMENTS	23
4. EVALUATION ECONOMIQUE DU SERVICE EPURATOIRE	25
4.1 ESTIMATION DU COUT D' ACTIONS PREVENTIVES	25
4.2 PISTES DE DEVELOPPEMENT	28
BIBLIOGRAPHIE	31

TABLE DES FIGURES

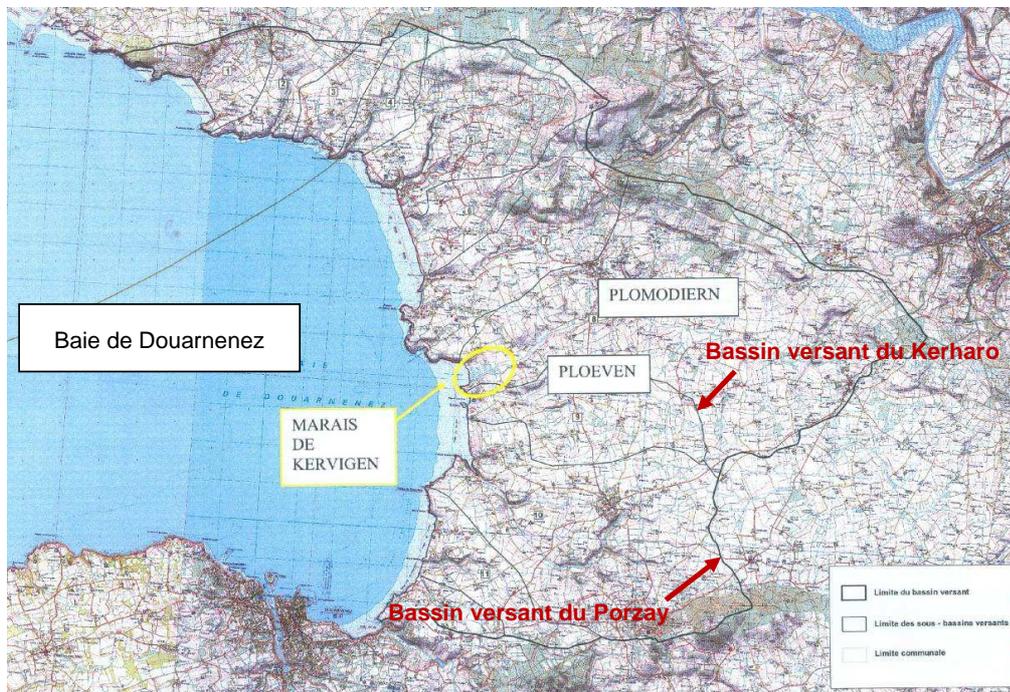
Figure 1. Localisation du Marais de Kervigen et des bassins versants amont	5
Figure 2. Vue d'ensemble du Marais de Kervigen	5
Figure 3. Le cordon littoral entre estran et marais	6
Figure 4. Carte des groupements végétaux du marais établie par Cuillandre.....	8
Figure 5. Abattement des flux d'azote en 1995 et 1996 par le site expérimental du marais de Kervigen	12
Figure 6. Abattement des flux de phosphore en 1995 par le site expérimental du marais de Kervigen	13
Figure 7. Passes à poissons sur l'ouvrage amont : truites (gauche) et civelles (droite)	1
Figure 8. Aménagements du marais	1
Figure 9. Comparaison des performances d'abattement journalier d'azote de 3 marais finistériens ...	20
Figure 10. Zone d'accumulation de matériaux sans repousse de la roselière.....	23
Figure 11. Phénomène d'envasement des canaux de dérivation	24
Figure 12. Echouage d'algues vertes à l'embouchure du Kerharo en juin 2010	24
Figure 13. Evolution du coût de ramassage des algues vertes par la commune de Douarnenez (plage de Ris)	27
Figure 14. Evolution du coût annuel de ramassage des algues vertes par commune	28

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Bilan des captures en 2008 sur le marais de Kervigen en migration postnuptiale	9
Tableau 2. Moyennes annuelles de débits et concentrations aux points de mesures et calcul des coefficients épuratoires du site.....	18
Tableau 3. Superficie des zones humides dans la partie aval des bassins versants sensibles vis-à-vis des développements d'algues vertes marines	22
Tableau 4. Calcul des coûts de réduction de l'azote.....	26
Tableau 5. Résumé des hypothèses et coût de réduction des matières azotées.....	26

1. LOCALISATION ET PRESENTATION GENERALE

Le marais de Kervigen est situé dans le département du Finistère à l'embouchure de la rivière Kerharo, dans la baie de Douarnenez.



Source : IGN, CCPCP 2010

Figure 1. Localisation du Marais de Kervigen et des bassins versants amont

La surface du site est restreinte (comparativement aux autres zones humides analysées dans l'étude) : 22 ha sur les communes de Ploéven et Plomodiern. La vallée est relativement encaissée à ce niveau : l'altitude du marais se situe entre 4,5m (point amont) et 3,25 m NGF (centre marais) entre deux plateaux « culminant » à 60 m NGF.



Photographie : ACTeon 2010

Figure 2. Vue d'ensemble du Marais de Kervigen

Il s'agit d'une zone humide littorale arrière dunaire établie au revers d'un cordon littoral de galet. Sa surface est principalement occupée par une roselière dominée par le roseau commun (*Phragmites Australis*).



Photographie : ACTeon 2010

Figure 3. Le cordon littoral entre estran et marais

1.1 Réseau hydrographique et bassin versant amont

La rivière Kerharo, longue de 12 km, draine un bassin versant d'environ 49 km² à cheval sur 3 communes : Plomodiern, Ploéven et Cast. Elle prend sa source à 159 m d'altitude au niveau d'une lande tourbeuse de 15 ha (classée en ZNIEFF – type 1) sur la commune de Cast au pied de la montagne de Saint Gildas. Le bassin versant du Kerharo fait lui-même partie d'un ensemble de bassins versants côtiers, nommé par la suite bassin du Porzay (cf. Carte de la Figure 1).

Le bassin versant du Kerharo compte :

- Une trentaine de sièges d'exploitations agricoles en système polyculture élevage. Ces exploitations de taille relativement faible (40 - 50 ha) présentent un niveau d'intensification important en terme de d'occupation du sol et conduite du troupeau² ;
- Les exutoires de 2 stations d'épuration de bourgs d'environ 2 000 équivalents habitants chacun.

La majorité des flux d'azote (environ 95 %³) arrivant au marais, en position aval du bassin, sont issus du secteur agricole.

L'ensemble de son cours est classé en première catégorie piscicole. Malgré un linéaire relativement faible, il constitue le plus long cours d'eau côtier du Porzay, et présente ainsi un intérêt significatif pour la remontée des espèces migratrices : anguille, truite de mer.

² Source : Entretien A. Boishus, Communauté de Communes du Pays de Chateaulin et du Porzay (CCPCP).

³ Source : Entretien A. Boishus Communauté de Communes du Pays de Chateaulin et du Porzay.

1.2 Caractéristiques géologiques et pédologiques du marais

Le marais littoral s'est formé au quaternaire sur des dépôts alluviaux de la vallée du Kerharo. L'ensemble du bassin versant repose sur un substrat de schistes et quartzites du briovériens. Des travaux de caractérisation pédologique du site ont été réalisés en 2003 préalablement aux aménagements (cf. chapitre 2)⁴. Il en ressort la succession d'horizons pédologiques suivants au niveau des rives du Kheraro :

- Un horizon superficiel d'alluvions modernes constitué d'un mélange de tourbe, limons et terre végétale en surface. Cet horizon peut atteindre 4 à 5 m en certains points et constitue le support imperméable du marais ;
- Un horizon moyen d'alluvions sablo-graveleuses, moyennement compactes ;
- Un substratum schisteux en profondeur, altéré en tête mais devenant rapidement compact.

Lors de cette campagne de sondages, le toit de la nappe alluvionnaire se situait à une profondeur de 1 m en moyenne.

1.3 Caractéristiques floristiques et faunistique du marais

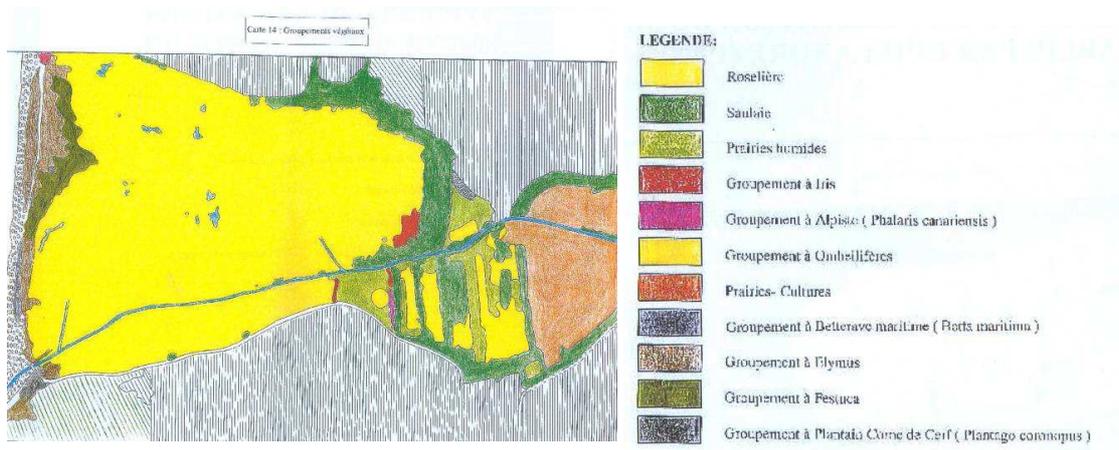
1.3.1 Occupation du sol

Le marais peut être grossièrement divisé en trois types d'espaces se succédant d'amont vers l'aval :

- Des prairies humides couvrant 3 - 4 ha et qui constituent une transition entre le marais littoral et les premières parcelles cultivées ;
- Une zone boisée couvrant 3 - 4 ha et dominée par le saule cendré ;
- Une roselière d'environ 18 ha.

Ce sont ces deux derniers espaces qui ont été acquis par le Conseil Général du Finistère et qui constituent le site « marais de Kervigen » dont les aménagements et propriétés épuratoires sont développées dans cette fiche. La roselière tend à s'étendre en amont dans les rares zones de prairies humides intercalées entre les haies de saule.

⁴ Campagne de sondages réalisée par SOLEN Géotechnique



Source : BIOTOPE, Cuillandre, 1998, cité par CCPCP, 2010

Figure 4. Carte des groupements végétaux du marais établie par Cuillandre

1.3.2 Flore

L'étude relative à l'actualisation des connaissances sur le marais de Kervigen (J.P. Cuillandre, BIOTOPES – CG Finistère, 1998.)⁵ détaille les caractéristiques floristiques de chacun des espaces précédemment mentionnés :

- Prairies humides : D'une diversité floristique globalement pauvre, les graminées dominent : glycérie flottante, pâturin commun, vulpin genouillé (secteurs les plus humides), dactyle, houlque laineuse, Agrostis stolonifera (zones les plus sèches). Elles sont accompagnées d'espèces plus communes : prêles, renoncules, oseilles, patiences, cardamines, potentille rampante, épilobes, salicaire, lysimaque commune, gaillets, chanvres d'eau, pulicaire commune, cirse des marais. Et d'autres espèces plus rares dans des secteurs restreints : plantain d'eau, rubanier, bident trifolié, renouée amphibie, scrutellaire casquée, écuelle d'eau, iris faux-açore et Alpiste faux-roseau ;
- Sous les saules, la flore, peu diversifiée, est dominée par l'osmonde royale et la renouée petite douve ;
- La roselière est occupée à 95% par le roseau commun (phragmite australis). Seuls quelques « plans d'eau » de quelques dizaines de m² n'ont pas encore été couverts. La densité des roseaux et leur taille laissent peu de lumière au sol et limitent ainsi le développement d'autres espèces végétales. Les espèces suivantes peuvent néanmoins être observées de manière dispersée : gaillets (*Galium palustre*, *Galium elongatum*), liseron des haies, salicaire, épilobe hirsute, lysimaque commune, patience d'eau. Des lentilles d'eau (*Lemna sp*) peuvent être observées au pied des roseaux et notamment au niveau des plans d'eau. Leur développement est favorisé par le niveau d'eutrophisation du milieu.

⁵ Cité par CCPCP – Etude prospective sur le marais de Kervigen - Cahier des clauses technique Particulières, 2010

Phragmite Australis se développe à la fois par multiplication végétative (extension horizontale des rhizomes) et sexuée (floraison et graine). Il présente une très forte production de biomasse pouvant atteindre plusieurs kilogrammes de matière sèche par m² et par an.

1.3.3 Faune

a) Avifaune

Des suivis ornithologiques sont effectués par les associations Grumpy nature et Bretagne Vivante. Les bilans de campagne de bagage d'août 2008 des deux associations recensent 482 oiseaux capturés pour 24 espèces présentes (cf. tableau ci-dessous). 78% des oiseaux capturés à Kervigen sont strictement inféodés aux marais. Ils sont représentés par 7 espèces (surlignées en gris dans le tableau suivant) et dominés par deux espèces de fauvettes aquatiques : le phragmite des joncs et la rousserolle effarvatte (69% des captures totales).

Tableau 1. Bilan des captures en 2008 sur le marais de Kervigen en migration postnuptiale

Espèces	Total captures	Adultes	Juveniles	Indéterminés	Femelles	Mâles	Sexe inconnu
phragmite des joncs	179 (37,1%)	17	162		1		178
rousserolle effarvatte	152 (31,5%)	37	115		15	1	136
pouillot véloce	44 (9,1%)	0	43	1			44
bruant des roseaux	19 (3,9%)	7	12		8	4	7
mésange bleue	17 (3,5%)	0	17		1	2	14
bouscarle de Cetti	11 (2,3%)	2	9				11
accenteur mouchet	11 (2,3%)	5	6		1		10
fauvette grise	10 (2,1%)	1	9			1	9
martin pêcheur	8 (1,7%)	0	8		7	1	0
rouge gorge familier	7 (1,4%)	0	7				7
mésange à longue queue	3 (0,6%)	0	3				3
trèfle d'eau	3 (0,6%)	0	3		1		2
fauvette à tête noire	3 (0,6%)	0	3		2	1	0
hirondelle rustique	2 (0,4%)	0	2				2
gorge bleue à miroir	2 (0,4%)	0	2			1	1
merle noir	2 (0,4%)	0	2		1	1	0
grive musicienne	2 (0,4%)	2	0				2
rousserolle turdoïde	1 (0,2%)	0	1				1
pipit maritime	1 (0,2%)	0	1				1
torcol fourmilier	1 (0,2%)	0	1				1
mésange charbonnière	1 (0,2%)	0	1				1
hirondelle de rivage	1 (0,2%)	1	0				1
tariet pâle	1 (0,2%)	0	1				1
troglyte mignon	1 (0,2%)	1	0				1

Source : Bulletin de liaison de Grumpy Nature n°3, 2008 - Données Grumpy nature et Bretagne Vivante

Le marais constitue une escale migratoire pour certains oiseaux. C'est notamment du 5 au 20 août que les plus gros contingents de phragmites des joncs et phragmites aquatiques s'arrêtent sur les zones humides de la région. D'autres oiseaux paludicoles, étroitement liés à la roselière, sont particulièrement présents sur le marais : bruant des roseaux, martin pêcheur, gorge bleue à miroir, bouscarle de cetti. La première campagne de bagage de 2006 avait conclu sur le constat que les

fauches hivernales du marais (cf. partie gestion) « *ne suppriment pas complètement l'intérêt du site comme escale migratoire ou dortoirs des oiseaux paludicoles* ».

b) Faune halieutique

Les poissons rencontrés dans le Kerharo sont caractéristiques de ceux d'un cours d'eau de premières catégories : truite fario, vairon, loche franche, chabot, auxquelles s'ajoutent des espèces migratrices privilégiées du fait de la localisation côtière : truite de mer, anguille, flet et plie (zone de transition). Par ailleurs des indices de présence de loutre ont été relevés début 2010 à l'exutoire du marais.

Le marais ne présente pas de dispositif de protection particulier. Il est uniquement classé en zone ND dans les Plans locaux d'urbanisme de Ploeven et Plomodiern, c'est-à-dire en « espace naturel qu'il convient de préserver en raison de la qualité des paysages ou du caractère des éléments qui le composent ».

2. CARACTERISATION DU SERVICE EPURATOIRE RENDU PAR LE MARAIS

Contrairement à l'approche développée sur les autres sites traités dans cette étude, l'accent est mis ici sur le service d'épuration, du fait de son importance en termes d'impact sur les marées vertes, mais également parce que le site ne présente pas (ou peu) d'autres intérêts, ni en termes d'usage, ni en termes de service : la biodiversité n'y est pas extraordinaire et les usages se résument à quelques pêcheurs sur la rivière Kerharo (tronçon très court) et à un projet d'éducation (ou plutôt de communication) concernant l'utilité du marais.

2.1 Historique de la mise en valeur du site

2.1.1 *L'exploitation agricole du marais*

En 1960, la DDA et l'association syndicale de propriétaires entreprennent des travaux d'assèchement du marais. Les terrains sont drainés, le lit de la rivière est recalibré et rectifié, un aqueduc muni de vannes est créé pour refouler l'eau douce et empêcher les intrusions salines.

Le marais est alors pâturé et fauché. Néanmoins le potentiel fourrager n'étant pas à la hauteur des attentes, l'aqueduc n'est plus utilisé à partir des années 1975 et le marais retrouve progressivement son fonctionnement initial.

2.1.2 *Les années 1990 : les essais de l'IFREMER montrent des capacités épuratoires élevées du marais*

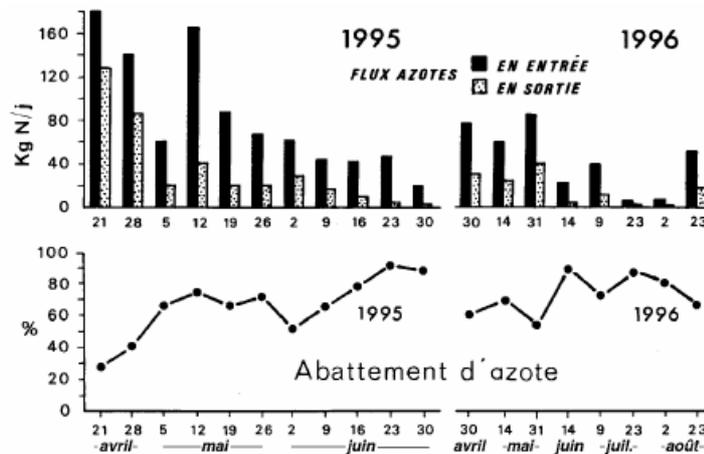
En 1990, l'Ifremer retient le marais de Kervigen comme site d'essai dans le cadre d'un programme de lutte contre les algues vertes sur le littoral breton. L'objectif est alors de réduire les quantités de sels nutritifs et notamment d'azote arrivant en baie de Douarnenez en utilisant le potentiel épurateur de la roselière.

Pour cela, l'équipe de JY Piriou⁶ mène des expérimentations sur site à partir de 1994. Un barrage mobile est installé dans le lit du cours d'eau pour dériver une partie du flux vers 9 ha de roselière ; les débits et concentrations en azote et phosphore sont mesurés à l'entrée du dispositif et en sortie au niveau d'une brèche dans le bourrelet de rive. L'équipe en déduit les caractéristiques hydrologiques et capacités épuratoires du marais :

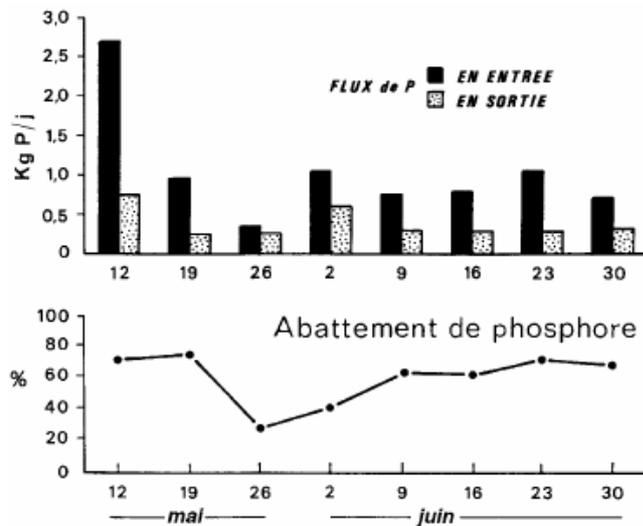
- Temps de transit de l'eau variable de 12 h à 5 jours selon les débits entrants ;
- Part du débit du Kerharo dérivé vers le dispositif : 46% en moyenne en 1995, 28% en 1996 ;

⁶ Abatement de l'azote par le marais côtier de Kervigen et potentiel breton, JY Piriou, D Coic, M. Merceron, colloque « pollutions diffuses : du bassin au littoral », Ploufragan, 1999

- Abattement moyen de 67% du flux d'azote entrant dans le marais, soit environ 30% du flux azoté journalier du Kerharo ;
- L'abattement moyen des 9 ha a été estimé à 40 kg N/j (variation de 1,9 à 13,9 kg d'N/ha/j) dont 13,5 kg N/j était prélevés par la phragmitaie, et 26,5 kg N/j dénitrifiés par voie microbiologique (ce qui équivaut à 175 kg de nitrates par jour).



Les expérimentations de l'IFREMER ont également permis de déterminer la capacité épuratoire du marais vis-à-vis du phosphore. Seule la forme orthophosphate a été suivie car il s'agit de la forme dissoute directement utilisable pour la production primaire (plantes et algues en eau douce et marine). Piriou et al. relèvent : i) des entrées de phosphore dans le marais relativement faibles : de 0,3 à 2,8 kg P/jour ; ii) des niveaux élevés d'abattement du phosphore (forme dissoute) variant de 29% à 75 % avec une moyenne de 61%. Cet abattement est principalement dû à la consommation par les roseaux variant de 0,1 à 2,02 kg P/j avec une moyenne de 0,7 kg P/j. Ce paramètre n'étant pas le facteur limitant pour le développement des ulves à marées vertes (cf. note d'introduction), il n'a pas été retenu par la suite dans les suivis des capacités épuratoires du site.



Source : Piriou et al, IFREMER, 1999

Figure 6. Abatement des flux de phosphore en 1995 par le site expérimental du marais de Kervigen

Le fort potentiel épuratoire démontré par ces expérimentations pèse en la faveur d'un aménagement du site afin d'optimiser et réguler ce pouvoir épuratoire dans le cadre du programme de lutte contre les marais verts en baie de Douarnenez.

2.1.3 Acquisition foncière et aménagement du marais.

a) Acquisition foncière

En parallèle des travaux de l'équipe de l'IFREMER, le CG entreprend en 1995 l'acquisition des nombreuses petites parcelles constituant le marais. En ce temps là, les parcelles n'étaient plus exploitées et se présentaient sous forme de bandes non clôturées. 56 parcelles (total de 22 ha) sont acquises auprès d'une vingtaine de propriétaires.

b) Aménagement du marais

Suite à la soumission d'un dossier d'autorisation loi sur l'eau en 1992, un arrêté préfectoral est obtenu en 1999, arrêté qui autorise la dérivation d'une partie des eaux du Kerharo entre le 1^{er} mars et le 30 juin tout en assurant un débit réservé au cours d'eau de 78 l/sec (Application de la Loi pêche).

Une déclaration d'utilité publique des travaux d'aménagement du marais est obtenue par arrêté préfectoral du 15 mars 2001. Puis une convention est signée entre le Conseil Général et la CCPCP en 2003, pour autoriser la CCPCP à réaliser les travaux d'aménagement et assurer la gestion et l'entretien du marais.

Entre 2003 et 2004 les travaux suivants sont réalisés par SA Verchéenne sous maîtrise d'ouvrage DDAF Finistère :

- Mise en place d'un barrage muni de vannes sur le Kerharo en amont du marais (550 m de l'embouchure du ruisseau). Ce barrage permet une variation de la cote d'eau à l'amont de 0,70 m à 1,1 m et est équipé de deux passes à poissons : l'une pour le passage des civelles, l'autre pour les truites (dimensionnement 55 L/s) ;
- Mise en place d'un ouvrage de contrôle du niveau de l'eau à l'exutoire du marais ;
- 4 échelles limnimétriques sont installées en amont et aval de chaque ouvrage ;
- Les bourrelets de berges du cours d'eau sont renforcés sur 500 m en rive droite (coté de dérivation des eaux) pour éviter le retour des eaux à la rivière hors exutoire ;
- Réalisation de voies d'accès vers les 2 ouvrages.



Photographie : ACTeon, 2010

Figure 7. Passes à poissons sur l'ouvrage amont : truites (gauche) et civelles (droite)

L'aménagement total a coûté 118 000 euros HT financé à 25% par la CCPCP, 20% CG, 20% agence de l'eau et 35% contrat de pays de Cornouaille.



Canal de dérivation aval



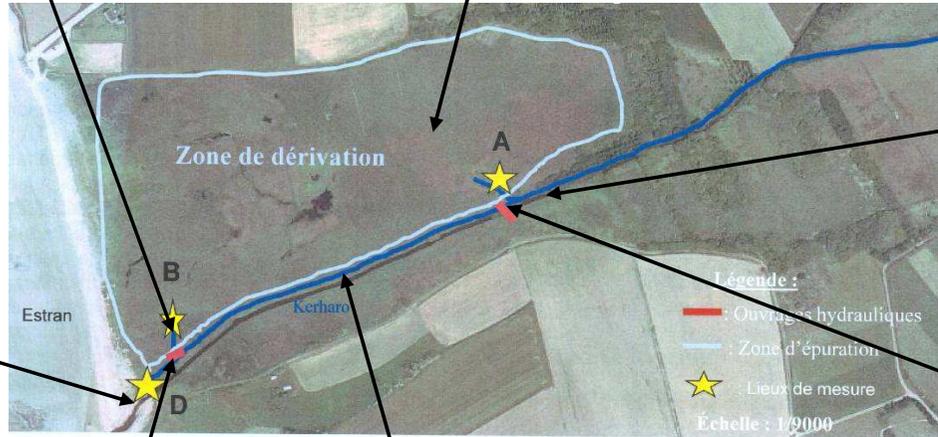
Phragmitaie



Kerharo amont



Embouchure du Kerharo



Ouvrage aval



Kerharo (bouvrelet de rive réhaussé)



Ouvrage amont

Photographie : ACTeon, 2010 – Carte CCPCP 20010

Supprimé : ¶

Figure 8. Aménagements du marais

c) Aménagement récent de l'anse de Kervigen

En 2009, la DDTM et le Conseil général ont fait supprimer l'ancien aqueduc ainsi que des poteaux électriques et blocs de granite chargés de renforcer le cordon dunaire. L'objectif est de restaurer les conditions naturelles du site et notamment l'exutoire de la rivière. La CCPCP gestionnaire du site émet néanmoins une crainte quant aux intrusions salines qui pourraient se faire plus nombreuses dans le marais suite à la fragilisation du cordon dunaire.

2.2 Gestion actuelle du marais

2.2.1 Règles de gestion des débits

Les règles de dérivation d'eau du Kerharo vers le marais aménagé sont encadrées par arrêté préfectoral : dérivation uniquement entre le 1^{er} mars et le 30 juin en maintenant un débit réservé de 78 l/sec. A l'intérieur de ce cadre, les chargés de mission de la CCPCP gèrent les vannes « à l'œil » sur la base des mesures de débits amont/aval des ouvrages et leur expérience des années précédentes (gestion en régie par la CCPCP). Les débits dérivés sont maintenus relativement faibles en début de printemps (début mars à mi avril) afin de ne pas pénaliser la repousse des roseaux fauchés pendant l'hiver. Le débit dérivé peut alors augmenter au fur et à mesure de la croissance des phragmites.

2.2.2 La fauche de la roselière et l'exportation des matériaux.

Afin de dynamiser les jeunes pousses et éviter une accumulation de biomasse dans le marais qui contribuerait à réalimenter le cycle de l'azote, la roselière a été fauchée annuellement de 2005 à 2007.

Environ 10 ha étaient concernés chaque année. Elle s'effectue sur des secteurs tournants, et des zones de défens pour la nidification de l'avifaune en bordure de marais et de plans d'eau interne étaient conservées. La fauche est réalisée par une entreprise spécialisée qui valorise les matériaux exportés : i) soit sous forme de botte pour des toitures en chaume ii) soit ensilé en vue de compostage ou de filière énergie (roseaux de moins bonne qualité). L'entreprise⁷ en charge du fauchage sur Kervigen indique des rendements moyens des marais d'environ **600 bottes/ha (5kg/botte) lorsque le produit est valorisé en toiture (roseau le plus droit) et d'environ 80-100 m3/ha pour l'ensilage (environ 200kg/m3 en vert).**

La récolte s'effectue en septembre et novembre pour l'ensilage et janvier / février pour les bottes de toiture. Selon cette même entreprise, Kervigen se situe dans la moyenne des marais bretons en termes de rendement. Dans ce cas, la récolte est réalisée en janvier / février pour limiter les impacts sur l'avifaune. Le coût annuel de la fauche varie entre 5 000 et 6 000 euros selon la surface contractualisée⁸ et est aidée à 80% par l'Agence de l'eau, le CG et la région.

⁷ Entretien téléphonique : M Volant, 'Entreprise Volant

⁸ Source : Entretiens, chargé de mission CCPCP

Depuis 2007, les pratiques de fauche ont régressé du fait des dysfonctionnements observés sur le marais : sédimentation, accumulation de matériaux, zones de non repousse des phragmites (cf. chapitre 3). En 2008 la fauche ne concernait que 4-5 ha. Elle n'a pas été réalisée en 2009 et 2010 (également pour cause de conditions météorologiques).

2.3 Performances épuratoires du marais

2.3.1 Dispositif de suivi

L'objectif est de suivre les variations interannuelles des performances épuratoires du site. Pour cela deux types de données principales sont recueillies :

- Les mesures de débits sur 3 points : entrée marais, aval vanne d'entrée, aval vanne de sortie du marais. Ces mesures se font par courantomètre électromagnétique 1 à 2 fois par semaine ;
- Les mesures de concentrations en azote et phosphore sur les trois points précédents. Initialement nitrates, ammonium et orthophosphate étaient suivis, puis en 2009 seul le paramètre nitrates a été suivi (coût unitaire : 8 €/analyse). Les prélèvements réalisés par les chargés de missions sont envoyés au laboratoire départemental.

Du fait de l'envasement progressif des points d'entrées et de sortie du marais, les points de mesures ont dû être déplacés en 2008. En 2009, aucune mesure de débit n'a pu être effectuée du fait de l'envasement de l'ensemble des points.

2.3.2 Résultats

Le tableau suivant rassemble les valeurs moyennes de concentrations et de part de débit du Kehraro dérivé vers le système épuratoire. Ces valeurs permettent d'en déduire une capacité épuratoire moyenne du marais, ainsi que des eaux du Kheraro au niveau de l'exutoire.

Tableau 2. Moyennes annuelles de débits et concentrations aux points de mesures et calcul des coefficients épuratoires du site

		1995	1996	2005	2006	2007	2008	2009
		Données Ifremer		Données CCPCP				
Dérivation	Début	12-mai	30-avr	02-mars	22-mars	21-mars	24-avr	22-avr
	Fin	30-juin	23-août	12-juil	06-juil	09-oct	24-juil	24-juil
Nombre de mesures		16	9	29	24	49	29	21
Point de mesure Kerharo amont du marais	Conc moyenne en NO ₃ - (mg/l)	44	43	32	35	32	34	32
	Débit moyen (m ³ /s)	0,164	0,185	0,235	0,491	0,396	0,433	
Point de mesure Kerharo Aval du marais : exutoire	Conc. moyenne en NO ₃ - (mg/l)	32	32	27	32	25	27	25
	Débit moyen (m ³ /s)	0,111	0,17	0,231	0,524	0,387	0,447	-
% du débit dérivé vers le marais		53	34	25	15	57	37	-
Marais	flux moyen de nitrates traité (kg/j)	196	166	99	43	186	163	-
	% du flux moyen de nitrates traité (kg/j) ⁹	74	81	71	42	38	35	-
Ensemble du système (Kerharo + marais)	% du flux moyen de nitrates traité (kg/j) ¹⁰	53	35	18	5	22	18	-

Source : Présentation - Commission Littorale – la lutte contre les Marées vertes en baie de Douarnenez : exemple de l'action menée sur le marais de Kervigen, CCPCP, Nov. 2009

Les résultats obtenus de 2005 à 2008 confirment la capacité épuratoire du marais sur le paramètre nitrate. Les rendements épuratoires obtenus sont néanmoins sensiblement inférieurs à ceux obtenus en phase expérimentale par l'IFREMER (5 à 22% contre 35 à 53%).

⁹ Abattement des flux de nitrates (NO₃⁻) sur le marais correspondant à la réduction des éléments obtenue par la zone de roselière (entre le canal d'entrée et le canal de sortie).

¹⁰ Abattement des flux de nitrates (NO₃⁻) à l'exutoire correspondant à la réduction réalisée au niveau de la plage, sachant que l'ensemble des eaux du Kerharo n'est pas dérivé.

En moyenne sur la période 2005/2008, la roselière a été exploitée par dérivation 110 j/an avec des pourcentages de débit dérivé variant de 15 à 60 % du débit amont du Kerharo. Sur cette période elle permet un abattement de 50% des concentrations en nitrates des eaux dérivées du Kerharo vers le marais (consommations entre 2 et 4 kg N/ha/j). Rapporté à l'ensemble du débit du Kerharo à l'exutoire, le taux d'épuration du site sur le paramètre nitrates est de 16% du flux total sur cette période. Il s'agit ainsi de près de 10% du flux total d'azote généré sur le Porzay

Les relevés permettent d'observer une influence forte du régime hydraulique sur les taux d'abattement de nitrates. Des chutes brutales sont observées suite à des crues (probablement lié à une perturbation de l'activité microbienne) ainsi qu'une augmentation du taux d'épuration avec le temps de séjour et au fil de la saison.

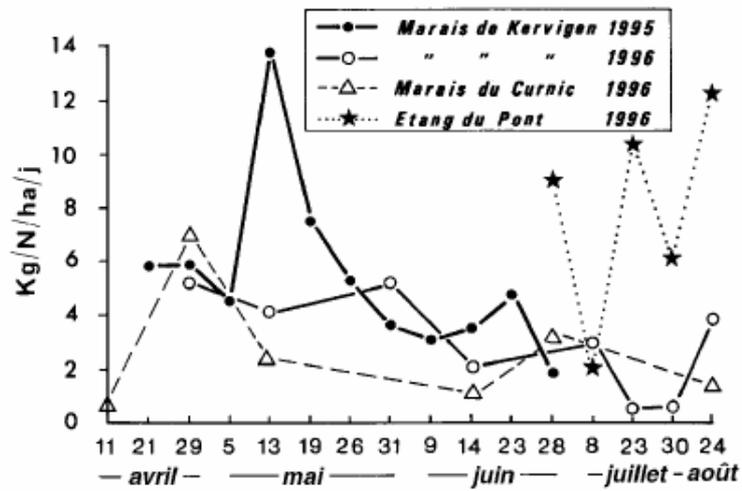
2.3.3 Analyse et mise en perspective

a) Comparaison aux références internationales et d'autres marais finistériens

Piriou et al. ont comparé les résultats des mesures expérimentales sur le marais de Kervigen (4 kg N/ha/j) aux capacités épuratoires d'autres zones humides :

- Valeurs d'autres marais finistériens :
 - Marais du Curnic : 2 kg N/ha/j en moyenne avec des valeurs beaucoup plus irrégulières que Kervigen ;
 - marais de Kervigen : 4 kg N/ha/j dont 66% par dénitrification et 34 % par assimilation/export par la phragmitaie¹¹ ;
 - Etang du pont : 7 kg N/ha/j (valeur estivale), rendements irréguliers avec une valeur d'été très forte.
- Valeurs issues de la littérature internationale :
 - Lowrance et al., 1984 : 1,8 kg N/ha/j dans un marais planté (dont 82% par dénitrification et 18% par rétention) ;
 - Scherr et al, 1978 : 1,8 kg N/ha/j pour un marais salé ;
 - Graetz et al, 1984 : 3,0 kg N/ha/j dans un marais d'eau douce ;
 - Sloey et al, 1978 : 3,5 kg N/ha/j au maximum sur une zone humide d'eau douce.

¹¹ La biomasse présente sur les 9 ha de l'expérimentation de 1995-1996 a été estimée à 150 t de MS en juin (Roudaut, 1995)



Source : Piriou et al, IFREMER, 1999

Figure 9. Comparaison des performances d'abattement journalier d'azote de 3 marais finistériens

Les marais finistériens sont du même ordre de grandeur que les références internationales et plutôt situés dans la fourchette haute.

Éléments d'explication des fortes capacités de dénitrification des marais bretons.

Piriou et al. expliquent la forte capacité de dénitrification des marais bretons sur la base des analyses menées par le laboratoire Micromer (Créocéan 1995) sur des sédiments du marais de Kervigen. Ces analyses montrent que jusqu'à 100% de la microflore bactérienne des sédiments est capable de dénitrification avec des densités de bactéries dénitrifiantes atteignant les 2.10^4 cellules /ml d'eau et 10^7 cellules/g de sédiments. La forme la plus classique de dénitrification est celle produisant de l'azote sous forme gazeuse retournant dans l'atmosphère : $6 CH_2O + 4 NO_3 \Rightarrow 6 CO_2 + 2N_2 + 6 H_2O$.

Les forts rendements de dénitrification du marais sont ainsi la conséquence d'une abondante matière organique (déchets de roseaux), un manque d'oxygène dans la partie superficielle du sédiment tourbeux, la richesse de la microflore hétérotrophe, une température tempérée jamais froide, ainsi qu'un transit lent des eaux dans le système. Dans le cas de Kervigen, le temps de séjour de l'eau sur les 12 ha mis en eau est estimé de 12 h à 5 jours selon les débits entrants. Le temps minimal de 12h pour parcourir 1 km de marais semble néanmoins suffisant pour que la dénitrification naturelle puisse s'effectuer selon Piriou et al, 1999.

Par ailleurs la topographie plane du marais permet d'augmenter la surface d'échange entre eau et bactéries dénitrifiantes. En effet le pouvoir dénitrifiant d'une zone humide est moins dépendante du volume d'eau stocké (qui influe le temps de séjour) que de la surface de contact entre les bactéries dénitrifiantes du sédiment et l'eau, sur une pellicule de quelques centimètres.

Une phragmitaie constitue un milieu hôte particulièrement adapté aux microorganismes dénitrifiant. Au delà de sa capacité d'assimilation de l'azote et du phosphore, le phragmite développe un important système racinaire permettant d'alimenter en oxygène les bactéries et invertébrés aérobies qui digèrent la matière organique et la minéralisent ; Par ailleurs les tiges immergées du roseau constituent un support de fixation pour les épiphytes et bactéries nitrifiantes et dénitrifiantes, qui créent un ensemble de microzones aérobies et anaérobies. Enfin, les roseaux, au cours de leur décomposition, libèrent le carbone organique nécessaire à la croissance des bactéries hétérotrophes.

Ainsi pour optimiser au maximum les rendements épuratoires de la zone humide, il s'agit d'y faire transiter un maximum du débit du cours d'eau, sur le maximum de surface, avec un temps de transit le plus long possible (Source : Piriou IFREMER, 1999).

b) Inventaire des zones humides bretonnes à l'aval de bassins versant et présentant un potentiel dénitrifiant

Enfin Piriou et al. tentent une mise en perspective des résultats sur les marais tests par un inventaire et une expertise des zones humides potentiellement dénitrifiantes sur l'aval des bassins versants bretons (altitude inférieure à 15m). Il en ressort le tableau de synthèse suivant :

Tableau 3. Superficie des zones humides dans la partie aval des bassins versants sensibles vis-à-vis des développements d'algues vertes marines

<i>Bassins versants des rivières</i>	<i>Surfaces (hectares) de zones humides permanentes</i>		<i>Surfaces (hectares) à humidité temporaire : prairies permanentes et espèces hydrophiles éparses</i>
	avec roselières	avec autres espèces hydrophiles denses	
Quillimadec	37		85
Nebet	27		18
Kerharo	14	8	
Liziec	10		7
Ty-anquer	1,5		-
Frémur 22		24	10
Yar		13	
Horn		44	
Guillec		26	
Douaron		4	11
Froust		3	25
Arguenon		5	-
Drouet		1	-
Frémur 35		2	8

Source : Piriou et al, IFREMER, 1999

Ce recensement et cartographie des zones (Coïc, 1997) montrent que les zones humides de ce type, mobilisables pour la lutte contre les algues vertes, sont relativement rares au niveau breton. Certains bassins méritent néanmoins d'être analysés plus en détail du fait de potentiels locaux relativement importants.

3. UNE SEDIMENTATION PROGRESSIVE QUI REMET EN QUESTION LES PERFORMANCES ET LA PERENNITE DES AMENAGEMENTS

Depuis la première mise en eau du dispositif de Kervigen en 2005, une sédimentation progressive a été constatée à différents points du marais :

- Au niveau de l'exutoire du canal de dérivation dans le marais où une zone d'accumulation de branchages, feuilles mortes, sédiments s'accroît progressivement au détriment de la roselière ;
- Une zone de passage répété des engins de fauche présente également une tendance à la non repousse des phragmites au profit d'autres graminées ;
- Les canaux d'entrées et sorties du dispositif ainsi que la rivière Kerharo elle-même à l'aval des ouvrages est également l'objet d'un engorgement croissant qui rend désormais impossible les mesures de débits.



Source : Photographie aérienne : CEVA, Juillet 2008, Autre : CCPCP, 2009

Figure 10. Zone d'accumulation de matériaux sans repousse de la roselière



Source : CCPCP, 2009

Figure 11. Phénomène d'envasement des canaux de dérivation

Par ailleurs un creusement progressif des berges a été constaté au niveau de l'ouvrage aval. Du fait de ces dysfonctionnements importants, les dépenses dans la fauche annuelle n'ont pas été renouvelées en 2010 et les mesures de concentrations se limitent au paramètre nitrates. Il semblerait ainsi que seulement quelques années après son inauguration, ce dispositif, qui se voulait prometteur, voit déjà son efficacité épuratoire et sa pérennité remise en question.

La CCPCP est relativement déçue de la position de l'IFREMER, qui a encouragé la réalisation des aménagements, mais n'a effectué aucun accompagnement et appui au gestionnaire par la suite (suivi de l'efficacité du dispositif, des modalités de gestion des ouvrages, et de leur pérennité).

Pour tenter de trouver une solution à ces dysfonctionnements, la CCPCP a lancé en 2010 un appel d'offre pour une « Etude prospective sur le marais de Kervigen » visant à définir : i) des modalités de restauration de la roselière, ii) des règles de gestion pérennes des aménagements pour optimiser le pouvoir épurateur du marais, iii) des recommandations pour une protection et un développement de la biodiversité sur le site et iv) le développement d'outil de communication pour faire partager au grand public l'expérience unique de Kervigen dans le cadre de lutte contre les marées vertes.



Photographie : ACTeon, 2010

Figure 12. Echouage d'algues vertes à l'embouchure du Kerharo en juin 2010

4. EVALUATION ECONOMIQUE DU SERVICE EPURATOIRE

Rappel : Les 18 hectares de roselière dans lesquels sont dérivés une partie de la rivière Kerharo permettent un abattement de 50% des concentrations en nitrates de celle-ci (à 95 % d'origine agricole), soit une consommation moyenne comprise entre 2 et 4 kg N/ha/j sur une durée d'analyse de 110 jours.

L'évaluation économique du service de purification de l'eau peut être effectuée par différentes approches : par la méthode des coûts substitués en estimant le coût d'une infrastructure anthropique équivalente en terme d'efficacité (station d'épuration) ; par la méthode des coûts évités en considérant les coûts d'actions préventives (réduction des émissions de nitrate) ou curatives (coût du ramassage des algues par exemple) ; En considérant les usages qui bénéficient de ce traitement naturel de l'eau, il est alors possible (1) d'estimer les pertes économiques et de bien-être associées à une émission de nitrate équivalente à ce qui est actuellement abattu ou (2) de considérer les coûts sanitaires.

Chacune de ces approches présentent des inconvénients se traduisant en termes d'incertitude, la plus sûre d'entre elle étant celle située le plus en amont, à savoir l'estimation du coût d'actions préventives.

4.1 Estimation du coût d'actions préventives

Les données dans la littérature sur le coût de réduction marginal de l'azote sont relativement rares. La principale à notre connaissance concerne une étude de valorisation du service de purification de l'eau appliquée aux zones humides (plaine alluviales) de l'Elbe en Allemagne réalisée par Meyerhoff et Dehnardt (2004)¹². Ces derniers distinguent un coût de réduction marginal de l'azote *via* :

- un traitement par les stations d'épuration (8,3 euros par kg d'azote et par an) et
- la mise en œuvre de mesures visant la réduction des émissions d'azote par le secteur agricole (2,7 euros par kg d'azote et par an)¹³.

Dans la mesure où aucune donnée comparable n'a été trouvée en France, les premières estimations présentées ici s'appuient donc sur ces valeurs.

¹² Meyerhoff J. et Dehnardt A. (2004). The European Water Framework Directive and Economic Valuation of Wetlands: The restoration of floodplains along the River Elbe. Working paper on management in environmental planning.

¹³ Ces données s'appuient sur les recherches suivantes :

Grünebaum, T. (1993): Stoffbezogene Kosten der kommunalen Abwasserreinigung. *Gewässerschutz Wasser Abwasser* 139, 23/1-23/15

Dehnardt, A., Meyerhoff, J. (2002): Nachhaltige Entwicklung der Stromlandschaft Elbe. Nutzen und Kosten der Wiedergewinnung und Renaturierung von Überschwemmungsauslen. Aufl. Vauk: Kiel.

Bräuer, I. (2002): Artenschutz aus volkswirtschaftlicher Sicht – die Nutzen-Kosten-Analyse als Entscheidungshilfe. Metropolis: Marburg.

Tableau 4. Calcul des coûts de réduction de l'azote

Source : Meyerhoff J. & Dehnhardt A., 2004, Elbe	
Moyens de diminution de l'azote dans le milieu	Coût marginal (en €/kg N/an)
Traitement des eaux usées en station d'épuration	8,3
Mesure de réduction des émissions agricole d'N	2,7

Les deux valeurs proposées témoignent d'hypothèses différentes : la première considère que les matières azotées présentes dans le milieu proviennent des rejets humains et qu'un traitement particulier au sein des stations d'épuration permet de réduire les flux de nitrate rejetés ; la seconde s'intéresse aux rejets agricoles et estime le coût des mesures nécessaires aux changements des pratiques permettant une réduction des émissions d'azote dans le milieu.

Ces deux valeurs sont donc utilisées de manière complémentaire en considérant que les concentrations en nitrate observées dans le bassin de Porzay sont à 95 % d'origine agricole.

Tableau 5. Résumé des hypothèses et coût de réduction des matières azotées

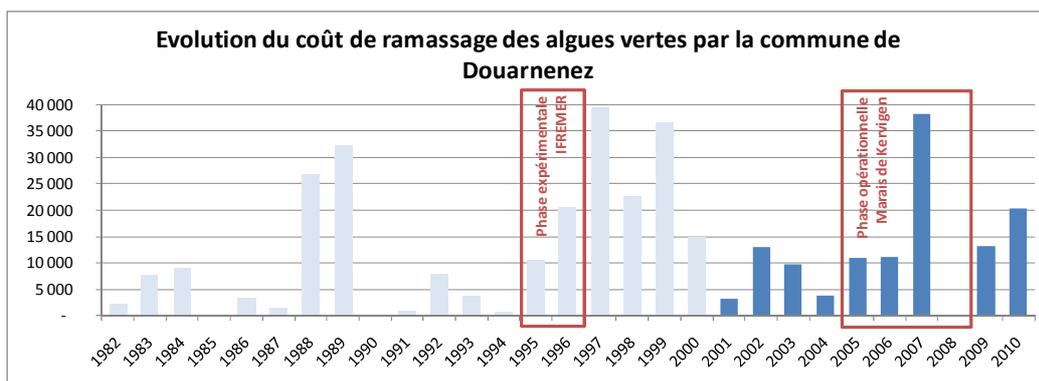
Quantité d'azote abattu par le marais de Kervigen (kg N/ha/an)	Surface efficace (ha)	Coût de réduction des matières azotées (en €/an)		
		Part STEP (5%)	Part agricole (95%)	Total
2*110 = 220	18	1 643	10 157	11 801
4*110 = 440	18	3 287	20 315	23 602

La valeur du service d'épuration retenue est alors comprise dans une fourchette s'étalant de 12 000 et 24 000 euros par an.

Une analyse alternative concernant le coût de ramassage des algues est envisageable (approche par l'approche curative – coûts évités). Le site de l'association Baie de Douarnenez Environnement¹⁴ publie le coût de ramassage des algues par la commune de Douarnenez et le coût des subventions du Conseil Général du Finistère pour l'ensemble des communes du département qui finance le coût de ramassage à hauteur de 60 % (le calcul du coût total par commune a donc été estimé à partir de ces valeurs).

Les figures ci-dessous présentent ces résultats.

¹⁴ <http://baiedouarnenezenvironnement.over-blog.com/article-cout-du-ramassage-59650769.html>



Légende : bleu foncé = données réelles ; bleu clair = données estimées à partir du volume ramassé et d'un coût moyen de ramassage de 10 € par m³.

Source : Commune de Douarnenez, Nov. 2010. Rapport à la commission développement économique et développement durable – Algues vertes

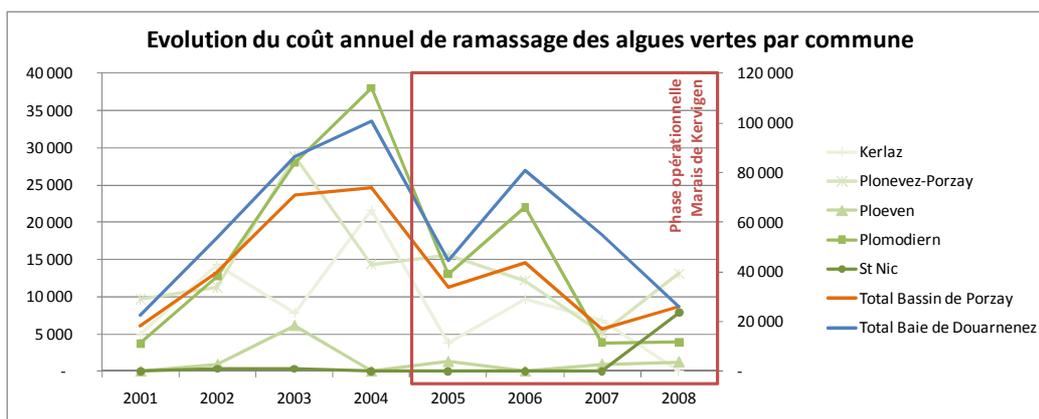
Figure 13. Evolution du coût de ramassage des algues vertes par la commune de Douarnenez (plage de Ris)

Le coût de ramassage total (ramassage, transport, dépôt compris, stockage non compris) sur la période 1982 – 2010 pour la commune de Douarnenez s'élève à 124 000 euros, soit 4 260 euros par an en moyenne (et 16 760 euros en moyenne par an sur les 16 dernières années).

L'analyse de ces données brutes ne permet cependant pas de tirer de conclusion, notamment parce que :

- Le coût de ramassage n'est pas forcément proportionnel à la quantité d'algues présente sur le site : tout n'est pas forcément ramassé ;
- L'évolution dans le temps ne donne donc que peu d'informations ;
- La concordance avec les périodes d'expérimentation (IFREMER) et opérationnelles sur le marais de Kervigen ne peut être utilisée dans la mesure où la contribution relative de Kerharo par rapport aux autres sources de nitrate n'est pas connue et qu'une analyse plus fine de la courantologie dans la baie de Douarnenez serait nécessaire, sans compter l'effet dilution.

Une analyse plus fine au niveau du bassin de Porzay pourrait s'avérer plus intéressante (voir figure ci-dessous).



Légende : les courbes orange et bleu (total bassin de Porzay et Baie de Douarnenez) sont à lire sur l'axe secondaire des ordonnées.

Source : <http://baiedouarnenezenvironnement.over-blog.com/article-cout-du-ramassage-59650769.html>

Figure 14. Evolution du coût annuel de ramassage des algues vertes par commune

Sur 8 ans (période 2001 – 2008), le coût total de ramassage pour le bassin de Porzay est de 324 000 euros, soit 40 500 euros par an en moyenne. Nos estimations à partir d'un coût moyen de ramassage de 10 €/m³ donne une moyenne de 4 000 m³ sur la période 2001 – 2008 ; le CEVA¹⁵ rapporte un volume moyen pour Porzay de 6 000 m³ par an sur la période 1994 – 2007.

On constate par ailleurs une augmentation entre 2001 et 2004, puis une diminution sur 2005, plus ou moins stabilisée les années suivantes, permettant un retour au niveau de 2001. Cette diminution semble concordante avec l'aménagement et l'utilisation du marais de Kervigen à des fins épuratoires, mais ces données ne suffisent pas à trancher quant au rôle du marais.

Le marais a permis une diminution du flux de nitrate de 16 % sur la période 2005 - 2008 pour la rivière Kerharo et donc une diminution inférieure à 10 % lorsque l'on considère les apports en nitrate pour la baie de Porzay. Sans connaître la traduction en termes de réduction de la quantité d'algues, il est possible d'affirmer que celle-ci a été marginale, notamment du fait du caractère ponctuel de l'expérimentation (18 ha seulement), mais également du fait de sa fragilisation dans le temps. La diminution du taux de nitrate dans la rivière Kerharo pendant la période d'expérimentation était de 44%).

L'analyse des coûts évité n'apporte pas de résultat clé dans ce cas dans la mesure où l'efficacité du marais est à relativiser dans le temps du fait du manque d'entretien notamment.

4.2 Pistes de développement

Le premier ordre de grandeur (12 000 – 24 000 €) devrait être validé par le calcul des coûts marginaux de réduction de l'azote sur le cas particulier du marais de Kervigen. En particulier, il serait nécessaire :

¹⁵ Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, 2006. PROLITTORAL - Programme régional et interdépartemental de lutte contre les marées vertes en Bretagne, rapport.

- pour les pollutions azotées d'origine agricole, de (1) considérer un set de mesures préventives permettant de réduire les excès de matières azotés (par exemple, mesures agro-environnementales ciblées ou conversion à l'agriculture biologique), (2) déterminer leur coût optimal à l'hectare, (3) mesurer leur efficacité cumulée en termes de quantité de nitrate évitée et enfin (4) calculer le coût de réduction marginal de l'azote ;
- pour les eaux usées, de (1) considérer les coûts d'investissement et d'entretien des différents traitements tertiaires mis en place dans les STEP et permettant l'élimination d'une certaine quantité d'azote, (2) déterminer leur efficacité réelle en tenant compte des différentes formes azotées rencontrées et (3) calculer le coût de réduction marginal de l'azote ;

Par ailleurs, une comparaison avec les résultats des autres méthodes décrites en introduction serait idéale afin de fournir une fourchette de valeur plus certaine. Cependant, leur application pose actuellement problème, notamment parce qu'il est difficile d'isoler l'effet du marais de Kervigen sur la réduction de la prolifération d'algues dans la baie de Douarnenez ou dans le bassin de Porzay (autres sources de nitrates, lien entre réduction des nitrates et diminution de la population d'algue, etc.), et a fortiori sur les usages touristiques associés ou sur la santé.

BIBLIOGRAPHIE

J.Y. Piriou, D. Coic, M. Merceron, 1999. Abatement de l'azote par le marais côtier de Kervigen et potentiel breton, colloque « pollutions diffuses : du bassin au littoral », Ploufragan

Commission Littorale, 2009 (Nov.). La lutte contre les Marées vertes en baie de Douarnenez : exemple de l'action menée sur le marais de Kervigen, CCPCP. Présentation PowerPoint

Le marais de Kervigen, carte d'identité, brochure éditée par la CCPCP

Etude prospective sur le marais de Kervigen - Cahier des clauses technique Particulières, CCPCP, 2010

Bulletin de liaison de Grumpy Nature n°3, 2008

Entretiens :

A. Boishus, Chargée de mission, Communauté de Communes du Pays de Chateaulin et du Porzay (CCPCP)

M. Volant, responsable Entreprise de fauche Volant

P. Seguin, Chef du service environnement Agence de l'eau Loire Bretagne - Ploufragan