

Introduction

S'inspirant de l'expérience "Ecofleuves" menée en Région Aquitaine (bassins versants de l'Adour, de la Garonne et de la Dordogne) par le CNRS en relation avec des lycées, **le Conseil Général du Finistère et l'Institut Universitaire Européen de la Mer ont mis en place un réseau de surveillance des rivières de notre département.** Les prélèvements sont réalisés par les élèves et enseignants des établissements scolaires ; les analyses des échantillons sont effectuées par le **Laboratoire Vétérinaire Départemental et par l'I.U.E.M.** Ce réseau baptisé **ECOFLUX** a pour objectif le suivi de la qualité des eaux fluviales et il a permis :

- **de pallier au manque de données** portant sur la variabilité temporelle des concentrations de nitrates, phosphates et silicates dans les cours d'eau finistériens,
- **de mieux connaître les flux de nutriments** pouvant être à l'origine des marées vertes en relation avec le programme de lutte contre les algues vertes du Conseil Général du Finistère,
- **de sensibiliser les jeunes et la population** à la nécessité d'un suivi permanent de la qualité de leur environnement aquatique et de développer chez les jeunes le sens du travail en équipe en même temps que l'initiative individuelle.

I - Objectifs et motivations

Depuis plusieurs années, les eaux littorales de la région Bretagne reçoivent des apports telluriques croissants de composés azotés, et en particulier de nitrates. Ces apports proviennent de l'usage de fertilisants, de l'extension de l'élevage intensif et des rejets d'eaux usées ; les rivières charrient les nitrates jusqu'au milieu littoral.

Le développement de marées vertes (cf. figure 1) et d'eaux colorées (cf. figure 2 et tableau 1), une généralisation des déficits en oxygène et une dystrophie figurent parmi les conséquences potentielles de ces rejets ; il est donc important de quantifier les flux de nitrates qui arrivent au littoral et les flux de phosphates : second élément nutritif nécessaire à la croissance des organismes. Les silicates, entraînés dans les rivières par lessivage des roches, sont témoins de l'impact climatique naturel et à titre de référence sont donc également pris en compte.

Parallèlement à ces déséquilibres au niveau du littoral, la connaissance de la qualité de l'eau des rivières est importante car, dans le Finistère, 80 % de l'eau prélevée pour l'alimentation en eau potable provient des rivières.

Lors d'une étude synthétique à l'échelle de la Région Bretagne (Porhel, 1998¹), nous avons montré que **peu de rivières sont suivies régulièrement dans le Finistère**, les dates de prélèvements étaient choisies au hasard sans rapport avec la variabilité naturelle des débits et de la pluviométrie. Si l'on veut évaluer les flux de nitrates et de phosphates rejetés à la mer, **il est indispensable de mesurer de façon fiable et fréquente les nitrates et les phosphates dans l'eau des rivières**, à la limite des eaux douces.

L'existence d'un réseau de prélèvements réalisés par des élèves et enseignants des établissements scolaires du département ainsi que des pêcheurs, des retraités et des bénévoles, permet un suivi régulier des caractéristiques chimiques des fleuves du Finistère. Le réseau Ecoflux opère sous la direction d'un coordinateur départemental (M^r Rémi BUCHET).

La banque de données ainsi mise en place est accessible aux établissements scolaires et au public sur Internet (<http://www.univ-brest.fr/IUEM/BIOFLUX/ECOFLUX/>).

¹ Porhel S., (1998). Les apports de nitrates dans les eaux littorales bretonnes : Caractérisation et évolution des flux (1971-1996) ; Leur rôle dans les proliférations algales, 44p. Institut Universitaire Européen de la Mer, Plouzané.

Tableau 1 : Récapitulatif des différentes apparitions de blooms ou d'espèces toxiques dans le département du Finistère

DATE	LIEU	ESPECE	CONSEQUENCES
juillet 1969	Aber Wrac'h	<i>Gonyaulax orientalis</i>	
1976-1987	Rade de Brest et les Abers du nord Finistère	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>nagasakiense</i>	mortalité et inhibition de croissance sur les coquilles Saint Jacques
sept.1978, été 1983	Baie de Douarnenez	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>nagasakiense</i>	
avril 1980	rade de Brest	<i>Gonyaulax spinifera</i>	
1980, 1986	Baie de Douarnenez	<i>Dinophysis</i>	mortalités massives de moules
1982	Côtes de la Manche et de l'Atlantique	<i>Gymnodinium</i> sp.	eaux vertes
été 1983	Rade de Brest	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>nagasakiense</i>	mortalités de larves de pectinidés
1987 (nuit du 12 au 13 avril)	Baie de Douarnenez	<i>Dictyocha speculum</i> (1.3 millions de cellules/l)	mortalité importante (15 tonnes, 90% de l'élevage) sur les truites de mer en élevage
1987	Lannion, Locquirec	<i>Gyrodinium spirale</i> (plus de 10 000 cellules/l)	mortalité de coquillages
1987	Elorn	<i>Prorocentrum micans</i> (plus de 10 millions de cellules/l)	50% de mortalité sur un élevage de moules
Août 1988	Aber Wrac'h et Aber Benoît	<i>Alexandrium minutum</i> (2.5 millions de cellules/l)	pas encore de dégâts mais produit des toxines paralysantes
1988	Penzé	<i>Alexandrium minutum</i> (80 000 cellules/l)	production de toxines PSP : moules et huîtres touchées
juillet 1989	rivière de Morlaix	<i>Alexandrium minutum</i> (3 millions de cellules/l)	
1989 à aujourd'hui	Baie de Morlaix	<i>Alexandrium minutum</i>	
27-28 sept. 1994	Camaret	<i>Heterosigma carterae</i> (130 10 ⁶ cellules/litre)	mortalité de poissons dans les exploitations piscicoles de la Région : 25 tonnes de truites de mer et 0.5 tonnes de Saumons
1995	Des côtes de Marennes au nord Finistère	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>nagasakiense</i>	mortalité massive d'animaux marins (poissons, coquillages, oursins), mortalité de congres en rivières (La Trinité)

L'intérêt du réseau Ecoflux est double :

- **sur le plan scientifique**, des prélèvements fiables, fréquents et sur des sites judicieusement choisis, permettent de connaître les variations hebdomadaires des flux de nutriments rejetés à la mer.

Au cours de l'année 2001, 13 rivières ont été suivies assidûment en vue d'une meilleure connaissance des quantités de sels nutritifs charriées.

- **sur le plan pédagogique**, le réseau permet de sensibiliser toute une population aux problèmes de l'eau, de développer chez les jeunes le sens du travail en équipe en même temps que l'initiative individuelle et de faire connaître le milieu scientifique aux élèves du département.

Des exposés sont organisés dans les établissements scolaires sur divers thèmes environnementaux.

L'appel aux moyens informatiques contribue à une meilleure visibilité de cette action du Conseil Général du Finistère.

II - Fonctionnement du Réseau Ecoflux

Le réseau Ecoflux est basé, en 2001, sur **18 établissements scolaires, 19 bénévoles et 22 sites de prélèvements** (23 si on prend en compte les deux points de prélèvements qui se situent sur le Belon séparé en deux

branches au niveau de son estuaire) (cf. tableau 2 et figure 3). L'annexe 1 récapitule les établissements participant au réseau. En Région Aquitaine, les établissements d'enseignement agricole se sont révélés particulièrement intéressés par ce type d'action, c'est pour cette raison que nous les avons contactés en priorité. D'autres établissements d'enseignement général participent également au réseau Ecoflux pour couvrir géographiquement tout le département ; les activités liées à l'environnement entrent parfaitement dans leur programme scolaire.

1- Modalités d'échantillonnage :

Le réseau Ecoflux a débuté en septembre 1998. Il opère sous la direction d'une coordinatrice départementale (responsable de l'organisation et du suivi régulier). Une demi-journée par établissement a été indispensable pour initier la série temporelle de prélèvements après sensibilisation et formation des jeunes sur le terrain.

Chaque établissement surveille un cours d'eau échantillonné en un point précis (cf. tableau 3 et figure 4). Il est nécessaire de procéder aux prélèvements toujours au même endroit (en un point proche de la limite de l'influence des marées, en amont de celle-ci) sinon, lors des marées hautes, l'eau de mer diluerait les concentrations et les valeurs observées ne seraient pas représentatives. Un prélèvement par semaine est effectué en routine ; la fréquence de prélèvement peut passer à un prélèvement par jour en période de crue. Les prélèvements sont réalisés à partir d'un pont (pour des raisons de sécurité), en dehors des heures d'enseignement.

Le réseau de lycéens est doublé par un **réseau de bénévoles** (retraités, pêcheurs, membres d'associations,...cf annexe 2) de façon à assurer la continuité des prélèvements, même en période de crues, d'examens ou de vacances scolaires.

Une fiche est remplie pour chaque prélèvement. Elle comporte la date et l'heure de prélèvement, le nom de l'élève préleveur, les conditions météorologiques du moment ainsi que diverses observations concernant le cours d'eau (couleur, hauteur,...). Les fiches demeurent aux établissements et sont sous la responsabilité d'un ou deux élèves.

Tableau 2 : Les rivières ECOFLUX, la taille de leur bassin versant et la localisation de leur point de prélèvement

Rivière	Taille du bassin versant (km²)	Localisation du point de prélèvement
Douron	114	Pont Menou
Dourduff	75	D 46
Dossen	235	Port de Plaisance de Morlaix
Penzé	206	Penzé
Guillec	74	D 10 à Saint Jacques
Quillimadec	100	D 125, aire de repos
Flèche	82	D 129 à Lanvrein
Aber Wrac'h	137	Diouris
Aber Benoît	229	D 13 à Tariec
Kermorvan	12	Moulin de Kerleo
Elorn	402	rue des Ecosseis à Landerneau
Douffine	177	D 770 à Pont neuf
Aulne	1792	Centre Ville de Châteaulin
Kerharo	48	exutoire
Lapic	28	exutoire
Ris	37	entre Kerstrat et Mescalet
Pont L'Abbé	127	Bringall
Odet	715	Rd point d'entremont à Quimper
Saint Laurent	39	Beg Menez
Aven	210	D 783
Belon	96	Parc Kermagoret et Kergonfort
Laïta	917	Centre ville de Quimperlé

Tableau 3 : Récapitulatif des lycées et des rivières ECOFLUX

L.A.P. Le Nivot, Lopérec	La Douffine (D770, Pont neuf)
L.A.P. Sainte Marie, Plouigneau	Le Douron (Pont Menou)
L.T.P. Agricole-Horticole de Kerbernez, Plomelin	La rivière de Pont L'Abbé (Bringall)
C.E.F.A. Le Cleusmeur (Agrotech), Lesneven et Lannilis	L'Aber Wrac'h (Lannilis) (Diouris) et la Flèche (Lesneven) (D 129, Lanvrein)
L.A.P. Saint Joseph, Quimper	L'Odet (Rd pt d'Entremont à Quimper)
M.F.R. de Morlaix	Le Dossen (Port de Plaisance de Morlaix)
M.F.R. de Plabennec	L'Aber Benoît (D13, Tariec)
M.F.R. de Plounevez-Lochrist	Le Guillec (D10, Saint Jacques)
M.F.R. de Saint Renan	Le Kermorvan (Moulin de Kerleo)
I.R. de Lesneven	Le Quillimadec (D125, aire de repos)
I.R. de Rumengol	La Douffine (D770, Pont neuf)
L.E.G.T.A. de Bréhoulou, Fouesnant	Le Saint Laurent (Beg Menez)
L.E.G.T.A. de Suscinio, Morlaix	Le Dourduff (D46)
L.E.G.T.A. de Châteaulin	L'Aulne (Centre ville de Châteaulin, pont routier)
Lycée Notre Dame de Kerbertrand à Quimperlé	La Laïta (Centre ville de Quimperlé)
Lycée de l'Elorn à Landerneau	L'Elorn (rue des Ecossais à Landerneau)
Lycée public de Douarnenez	Le Lopic (Keriar) et le Ris (entre Kerstrat et Mescalet)

L.A.P. : Lycée Agricole Privé

L.T.P. : Lycée Technique Privé

M.F.R. : Maison Familiale Rurale

I.R. : Institut Rural

L.E.G.T.A. : Lycée d'Enseignement Général et Technologique Agricole et Aquacole

L'eau prélevée par les élèves est répartie dans 3 flacons, les échantillons sont ensuite stockés dans les établissements :

- les échantillons destinés à l'analyse des nitrates et des phosphates sont **congelés**. Dans la plupart des cas le flacon destiné à l'analyse des nitrates est amené chez un vétérinaire. Il est ensuite pris en charge par la navette du Laboratoire Vétérinaire Départemental où l'analyse est effectuée. Dans ce cas l'échantillon est analysé rapidement et la congélation n'est pas nécessaire ;

- les échantillons destinés à l'analyse des silicates sont simplement **mis au frais dans les réfrigérateurs** pendant quelques semaines (la coordinatrice départementale les prend en charge et rencontre les élèves par la même occasion : organisation d'exposés divers sur le thème de l'eau et de l'environnement, de discussions,...).

2 - Collecte et analyse des échantillons :

La collecte des échantillons de phosphates et de silicates est assurée par la coordinatrice du réseau. **Les échantillons de nitrates sont récupérés par les collecteurs du Laboratoire Vétérinaire Départemental (LVD, Conseil Général)** en différents points comme chez les vétérinaires ou au niveau des stations de prélèvements d'eau potable.

Les analyses des échantillons se font :

* **à l'Institut Universitaire Européen de la Mer (Brest)**, pour les silicates et les phosphates,

* **au Laboratoire Vétérinaire Départemental (Quimper)**, pour les nitrates.

3 - Restitution des résultats :

Les résultats des analyses et les données de débits (quand elles existent) sont communiqués aux établissements préleveurs. La restitution peut s'effectuer sur support papier, sur disquette informatique ou par le réseau Internet (<http://www.univ-brest.fr/IUEM/BIOFLUX/ECOFLUX>). Les données ainsi obtenues compléteront les bases de données déjà existantes. Chaque établissement a accès à l'ensemble de la base de données. De nombreux points de mesures sont gérés par différents organismes (Compagnies des eaux, Collectivités, Département, DDE, DDASS,...) sur les rivières du département. Actuellement les mesures sont acquises avec des objectifs de suivi différents et sans concertation entre les différents organismes. Nous essaierons d'obtenir des données aux exutoires des rivières de façon à créer une Base de Données Départementale.

4 - Animation, valorisation du travail des élèves :

Quatre à six visites par an, réparties sur l'année scolaire, sont prévues par établissement à la demande des enseignants ou des élèves. Ces visites sont l'occasion d'exposés-débats sur divers thèmes concernant l'environnement (généralités sur la pollution des eaux en Bretagne, les mesures prises pour la lutte contre les pollutions des eaux, les marées vertes, le phytoplancton toxique, la toxicologie et l'écotoxicologie). Par ailleurs si les lycées le souhaitent, des visites de laboratoires (IUEM ou LVD) sont organisées, à la charge des établissements demandeurs.

Une assemblée bilan s'est déroulée à l'IUEM le 14 décembre 1999 avec les élèves et les bénévoles ayant participé au réseau ECOFLUX de façon à leur présenter les principaux résultats.

III - Résultats du réseau Ecoflux

1 - Généralités :

Les prélèvements ont débuté à la fin du mois de septembre ou en octobre 1998 pour le Douron, le Dourduff, le Dossen, la Flèche, le Quillimadec, l'Aber Wrac'h, l'Aber Benoît, la Douffine, l'Aulne, le Ris, la rivière de Pont l'Abbé, l'Odet et le Saint-Laurent (cf. tableau 4).

Pour le Guillec, le Kermorvan et l'Elorn les prélèvements ont commencé en novembre 1998 et pour la Laïta fin décembre 1998 (problème pour trouver un lycée proche du point de prélèvement, problème d'emploi du temps pour la première visite dans l'établissement, problème de l'alternance cours-stage en entreprise). Pour le Guillec, un arrangement a été trouvé entre les bénévoles (Syndicat du Trégor à Morlaix) et la Maison Familiale de Plounévez-Lochrist, les élèves de 3ème qui réalisent les prélèvements étant en stage régulièrement. Pour l'Elorn, les prélèvements ont été arrêtés par le lycée de l'Elorn début avril ; les bénévoles ont pris le relais en juin.

Pour la Penzé, quelques prélèvements sont effectués par un bénévole mais aucun lycée ne se situe près de cette rivière.

Pour le Lopic, rivière se jettant dans la baie de Douarnenez au sud de la plage de Sainte Anne La Palud, le même problème de localisation géographique se pose : un professeur du lycée JM Le Bris a réalisé quelques prélèvements mais le suivi régulier a débuté simplement en mai 1999 grâce à la participation d'une personne habitant près de cette rivière.

A partir de mai, une autre rivière a été rajoutée au réseau : il s'agit du **Kerharo**, rivière qui se jette dans la baie de Douarnenez au niveau de l'anse de Kerviguen. Son bassin versant est essentiellement agricole et avant de déboucher dans l'anse de Kerviguen, le ruisseau traversait le marais littoral du même nom mais il a été dévié et aujourd'hui il ne fait que longer ce marais ; le marais de Kerviguen s'est pourtant révélé être le siège d'une dénitrification importante. Un bénévole s'occupe du suivi du Kerharo.

Pour l'Aven, depuis fin décembre 1998 un bénévole nous fait les prélèvements aussi régulièrement que cela lui est possible.

Pour le Belon, très peu de prélèvements étaient effectués jusqu'au mois d'avril (problème également de localisation géographique). Au mois d'avril, de mai et début juin un stagiaire a réalisé les prélèvements et depuis mi-juin, la commune de Riec-Sur-Belon a pris le relais. Depuis mi-juin, deux prélèvements sont effectués : un point de prélèvement se trouve au niveau de la pisciculture sur le Belon au lieu-dit Parc-Kermagoret et le second se situe sur le Dourdu à Kergonfort.

Tableau 4 : Prélèvements sur les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>rivière</i>	<i>début des prélèvements</i>	<i>date du dernier prélèvement</i>	<i>nombre de prélèvements</i>	<i>nombre de semaines depuis le début des prélèvements</i>	<i>nombre de prélèvements/ nombre de semaines</i>	<i>établissement scolaire ou bénévole</i>
<i>Douron</i>	29/09/98	08/12/99	44	63	0.7	Ste Marie et Base du Douron
<i>Dourduff</i>	05/10/98	13/12/99	64	63	1	Suscinio
<i>Dossen</i>	29/09/98	14/12/99	58	63	0.9	MFR Kerozar
<i>Penzé</i>	29/12/98	30/12/99	20	53	0.4	G. Derrienic
<i>Guillec</i>	05/11/98	19/12/99	48	59	0.8	MFR Plounevez et Syndicat du Trégor
<i>Flèche</i>	07/10/98	02/11/99	57	57	1	Agrotech
<i>Quillimadec</i>	21/10/98	15/12/99	57	61	0.9	IR Lesneven
<i>Aber Wrac'h</i>	28/09/98	13/12/99	61	64	0.9	Agrotech
<i>Aber Benoît</i>	28/09/98	14/12/99	59	64	0.9	MFR Plabennec et APPMA Pays des Abers
<i>Kermorvan</i>	05/11/98	15/12/99	46	59	0.8	MFR St Renan
<i>Elorn</i>	19/11/98	12/12/99	39	56	0.7	Lycée de L'Elorn, APPMA Elorn et Club Canoë
<i>Douffine</i>	21/09/98	17/12/99	71	65	1.1	IR Rumengol et Le Nivot
<i>Aulne</i>	30/09/98	29/12/99	60	66	0.9	Lycée de L'Aulne
<i>Kerharo</i>	04/05/99	13/12/99	32	33	1	Mr Aran
<i>Lapic</i>	22/10/98	13/12/99	36	61	0.6	Mr Le Roux
<i>Ris</i>	24/09/98	22/10/99	44	57	0.7	JM Le Bris et APPMA Douarnenez
<i>Pont L'Abbé</i>	22/09/98	20/01/00	57	70	0.8	Kerbernez
<i>Odet</i>	22/09/98	16/12/99	60	65	0.9	St Joseph
<i>Saint Laurent</i>	22/10/98	17/12/99	49	61	0.8	Bréhoulou
<i>Aven</i>	22/12/98	21/12/99	37	53	0.7	Mr Guéguan
<i>Belon</i>	30/12/98	13/12/99	37	51	0.7	Mr Tallec et Commune de Riec/Belon
<i>Laïta</i>	30/12/98	14/12/99	46	51	0.9	Kerbertrand

D'après le tableau 4, **20 rivières sur 22 ont été suivies de façon satisfaisante** avec pour 11 d'entre elles environ un prélèvement par semaine (le Dourduff, le Dossen, la Flèche, le Quillimadec, l'Aber Wrac'h, l'Aber Benoît, la Douffine, l'Aulne, le Kerharo, l'Odet, la Laïta).

Tous les établissements scolaires qui se sont engagés dans le réseau Ecoflux ont réalisé les prélèvements aussi fréquemment que possible (sauf le Lycée de l'Elorn).

La principale difficulté, qui a parfois entraîné le manque de prélèvement, est **la mise en relation professeurs ou élèves et bénévoles en particulier pendant les périodes d'examens** (les professeurs rencontrent moins les élèves quand ils sont en révision, les élèves n'appellent pas d'eux mêmes les bénévoles,...). Pour les rivières suivies toutes les semaines, souvent ce sont les techniciens de laboratoire qui ont réalisé les prélèvements à partir de fin mai.

Certains lycées sont très demandeurs d'interventions (exposés, projections de films). D'autres classes n'ont pas vraiment de créneaux horaires disponibles, mais ce n'est pas spécialement dans ces établissements que la fréquence des prélèvements est la moins bonne (le lycée de l'Aulne par exemple a réalisé des prélèvements très réguliers mais aucun exposé n'a été requis).

2 - Concentrations en nitrates, phosphates et silicates :

a) Teneurs moyennes, minimales et maximales en nitrates, phosphates et silicates :

Les concentrations moyennes ont été calculées sur la période de prélèvement (différente d'une rivière à une autre).

* les nitrates :

La concentration en nitrate la plus élevée, 117 mg l⁻¹ de nitrates le 24 juin 1999, a été observée pour le Guillec, rivière qui se jette dans l'anse du Guillec au nord du Finistère, du côté de Sibiril. Le bassin versant de cette rivière, ainsi que celui de l'Horn qui se jette à l'est de cette même anse, drainent une zone légumière.

Les concentrations maximales varient entre 117 mg l⁻¹ pour le Guillec et 35 mg l⁻¹ pour la Laïta ; certaines rivières ont des valeurs maximales fortes comme la Penzé (98 mg l⁻¹), le Guillec (117 mg l⁻¹), la Flèche (91 mg l⁻¹), le Quillimadec (75 mg l⁻¹), l'Aber Wrac'h (76 mg l⁻¹), le Kermorvan (101 mg l⁻¹), toutes ces rivières se situent dans le nord du département (cf. tableau 5).

Les concentrations minimales varient de 6 mg l⁻¹ pour l'Aulne le 15 avril 1999 (période pluvieuse et cette valeur très faible correspond à un phénomène de dilution des concentrations par les pluies) à 38 mg l⁻¹ pour la Penzé.

Les valeurs moyennes de concentrations en nitrates sont comprises entre 23.4 mg l⁻¹ pour la Douffine et 90.6 mg l⁻¹ pour le Guillec. Dans beaucoup de rivières du nord Finistère, les concentrations moyennes dépassent la norme de 50 mg l⁻¹ appliquée à l'eau potable distribuée : la Penzé, le Guillec, la Flèche, le Quillimadec, l'Aber Wrac'h, le Kermorvan. A l'ouest et au sud du département, cette norme n'est pas dépassée pour les valeurs moyennes.

En règle générale, les valeurs de concentrations en nitrates sont plus faibles à l'ouest et au sud du département.

Le nord du Finistère possède des teneurs plus élevées dues à :

- la zone légumière comprise entre Lesneven et Morlaix,
- la production de porcs très importante de Brest à Morlaix environ,
- la production de poulets entre Lesneven et Morlaix.

Contrairement au nord du département, le sud possède peu de surface légumière, moins d'élevages porcins et avicoles ; ceci est à mettre en relation avec les différences de concentrations en nitrates.

Dans le centre du département, les élevages de vaches allaitantes sont nombreux (alentours de Landivisiau et de Carhaix,...), la production avicole est importante (bassin de Châteaulin, Carhaix,...). La production porcine est élevée au niveau de Châteaulin et au niveau des bassins versants de la baie de Douarnenez.

Tableau 5 : Concentrations en nitrates maximales, minimales et moyennes dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>Rivière</i>	<i>nombre de prélèvements</i>	<i>Maximum mg NO3 l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Minimum mg NO3 l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne mg NO3 l⁻¹</i>
<i>Douron</i>	43	44	22/06/99	23	04/11/98	34.3
<i>Dourduff</i>	64	56	01/02/99	21	09/08/99	43.8
<i>Dossen</i>	57	51	12/07/99	15	09/08/99	30.2
<i>Penzé</i>	20	98	08/04/99	38	26/10/99	58.3
<i>Guillec</i>	47	117	24/06/99	27	24/10/99	90.6
<i>Flèche</i>	56	91	22/06/99	17	09/12/98	70.7
<i>Quillimadec</i>	57	75	16/09/99	26	30/09/99	56.8
<i>Aber Wrac'h</i>	61	76	27/05/99	28	10/12/98	59.9
<i>Aber Benoît</i>	59	68	23/06/99	19	26/10/99	49.5
<i>Kermorvan</i>	46	101	26/11/99	24	13/10/99	66.5
<i>Elorn</i>	39	48	26/03/99	22	30/09/99	39.5
<i>Douffine</i>	71	36	29/04/99	11	20/04/99	23.4
<i>Aulne</i>	60	41	24/11/98	6	15/04/99	27.3
<i>Kerharo</i>	32	48	04/05/99	21	28/09/99	39.0
<i>Lapic</i>	36	61	03/05/99	23	07/06/99	47.9
<i>Ris</i>	41	53	19/03/99	18	07/06/99	39.5
<i>Pont L'Abbé</i>	55	42	20/01/00	16	07/10/98	29.4
<i>Odet</i>	58	57	14/10/99	18	10/08/99	35.2
<i>St Laurent</i>	49	55	03/09/99	22	25/02/99	44.8
<i>Aven</i>	36	44	20/07/99	22	26/10/99	35.6
<i>Belon</i>	37	62	02/05/99	10	24/05/99	37.6
<i>Laïta</i>	45	35	02/02/99	12	26/10/99	27.0

* les phosphates :

La concentration en phosphates la plus élevée est de 0.560 mg P l⁻¹ le 05/10/98 pour l'Aber Benoît.

Les concentrations maximales varient entre 0.560 mg P l⁻¹ pour l'Aber Benoît et 0.041 mg P l⁻¹ pour la rivière de Pont l'Abbé. Beaucoup de rivières possèdent des valeurs maximales fortes : le Douron (0.360 mg P l⁻¹), le Quillimadec (0.410 mg P l⁻¹), l'Aber Benoît (0.560 mg P l⁻¹), le Lopic (0.478 mg P l⁻¹) (cf. tableau 6). Une norme existe pour l'eau potable : 0.5 mg P₀₄ l⁻¹ ou environ 0.16 mg P l⁻¹.

Les concentrations minimales varient de 0.000 mg P l⁻¹ (c'est le cas de la rivière de Pont l'Abbé et de l'Odet) à 0.053 mg P l⁻¹ (pour le Guillec). Des valeurs proches de 0 sont souvent observées (le Douron, le Dossen, l'Elorn, l'Aulne, le Saint-Laurent et la Laïta).

Les valeurs moyennes de concentrations en phosphates sont comprises entre 0.013 mg P l⁻¹ (rivière de Pont l'Abbé) et 0.161 mg P l⁻¹ (le Quillimadec). Pour le Quillimadec, la valeur moyenne dépasse la norme de 0.16 mg P l⁻¹.

Comme pour les nitrates, les concentrations en phosphates les plus fortes sont rencontrées dans le nord du département.

A la différence des nitrates qui proviennent essentiellement de l'agriculture, les phosphates ont plusieurs origines : l'agriculture, les rejets des stations d'épuration et également les activités piscicoles. Les rejets des stations d'épuration sont relativement stables tout au long de l'année (sauf peut-être dans certaines communes qui voient leur population augmenter fortement pendant l'été, comme par exemple certaines communes littorales) ; par contre, les apports de phosphates dus à l'agriculture et aux activités piscicoles peuvent varier très rapidement surtout en fonction de la pluviosité.

En Bretagne, les rejets d'origine agricole deviennent prépondérants dans les années très pluvieuses. Les techniques d'épuration sont adaptés à des rejets domestiques (ponctuels) mais les rejets agricoles (essentiellement diffus) ne peuvent guère en bénéficier et leur proportion dans la totalité des apports croît donc au fur et à mesure que les autres rejets diminuent. Le phosphore d'origine agricole est apporté dans les sols par les engrais phosphatés, dont l'usage est en diminution constante, et par les déjections animales dont les volumes augmentent. Il transite vers les ruisseaux essentiellement par érosion des sols enrichis par des surfertilisations. En effet, contrairement à l'azote, le phosphore est stocké dans les sols où il est adsorbé sur les particules de terre.

Tableau 6 : Concentrations en phosphates maximales, minimales et moyennes dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>Rivière</i>	<i>nombre de prélèvements</i>	<i>Maximum mg P l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Minimum mg P l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne mg P l⁻¹</i>
<i>Douron</i>	42	0.360	29/05/99	0.004	11/01/99	0.066
<i>Dourduff</i>	63	0.235	22/09/99	0.012	15/02/99	0.078
<i>Dossen</i>	57	0.310	29/09/98	0.003	10/05/99	0.114
<i>Penzé</i>	19	0.294	07/09/99	0.041	30/12/99	0.154
<i>Guillec</i>	45	0.254	24/10/99	0.053	12/02/99	0.117
<i>Flèche</i>	56	0.319	14/10/98	0.023	28/05/99	0.097
<i>Quillimadec</i>	57	0.410	18/11/98	0.050	03/03/99	0.161
<i>Aber Wrac'h</i>	59	0.271	24/08/99	0.016	28/09/99	0.094
<i>Aber Benoît</i>	59	0.560	05/10/98	0.029	31/03/99	0.120
<i>Kermorvan</i>	44	0.137	10/11/99	0.007	08/04/99	0.027
<i>Elorn</i>	38	0.248	28/07/99	0.001	05/12/99	0.072
<i>Douffine</i>	66	0.350	22/07/99	0.013	15/04/99	0.100
<i>Aulne</i>	57	0.069	07/10/98	0.002	30/07/99	0.022
<i>Kerharo</i>	32	0.089	16/08/99	0.012	15/11/99	0.042
<i>Lapic</i>	35	0.478	13/09/99	0.029	17/05/99	0.148
<i>Ris</i>	38	0.124	02/08/99	0.007	22/01/99	0.031
<i>Pont L'Abbé</i>	56	0.041	05/11/99	0.000	03/03/99	0.013
<i>Odet</i>	60	0.148	01/10/98	0.000	04/11/98	0.038
<i>St Laurent</i>	46	0.059	29/10/98	0.001	25/02/99	0.015
<i>Aven</i>	36	0.233	14/09/99	0.016	29/12/98	0.064
<i>Belon</i>	37	0.138	06/09/99	0.009	24/05/99	0.061
<i>Laïta</i>	46	0.103	30/03/99	0.002	09/02/99	0.027

* les silicates :

La concentration la plus élevée en silicate, 25.4 mg SiO₂ l⁻¹, est observée pour le Belon le 02/05/99 (cf. tableau 7).

Les concentrations maximales varient de 25.4 à 7.1 mg SiO₂ l⁻¹ (pour la Douffine).

Les concentrations minimales varient de 0 pour l'Aulne (phénomène d'eutrophisation) à 10.5 mg SiO₂ l⁻¹ pour la Penzé.

Les valeurs moyennes pour les concentrations en silicates sont comprises entre 5.5 pour la Douffine et 16 mg SiO₂ l⁻¹ pour le Quillimadec. La teneur moyenne mondiale dans les rivières est de 10 à 12 mg SiO₂ l⁻¹. Pour la Douffine les concentrations moyennes sont très faibles.

Les silicates proviennent de l'érosion par les pluies des sols argileux riches en aluminosilicates ou granitiques (le granite est composé de quartz qui est de la silice cristallisée, de feldspath et de mica formé de silicates d'aluminium et de silicates de potassium). La différence de composition du granite et du schiste peut expliquer les différences de concentrations observées mais le pH de l'eau au contact de la roche est certainement plus important : le granite, qui génère une eau avec un pH plus acide que le schiste, libère plus de silicates dans le milieu ; le schiste génère une eau avec un pH plus basique et une composition un peu plus faible en silice.

Les rivières les plus riches en silicates correspondent à des bassins versants drainant des sols argileux ou granitiques (cas du nord et du sud Finistère). Les rivières les plus pauvres en silicates correspondent à des bassins versants drainant des sols schisteux (cas de la Douffine et de l'Aulne). Le bassin versant du Dossen (où une partie de celui-ci) draine également un sol schisteux contrairement au Douron et au Dourduff, ceci expliquerait les valeurs plus faibles observées dans le Dossen.

L'infiltration joue également un rôle important : une eau de surface contient peu de silicates alors qu'une eau infiltrée en possède plus ; l'activité biologique (consommation de silicates par les diatomées) influe saisonnièrement sur les teneurs en silicates.

Tableau 7 : Concentrations en silicates maximales, minimales et moyennes dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>Rivière</i>	<i>nombre de prélèvements</i>	<i>Maximum mg SiO₂ l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Minimum mg SiO₂ l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne mg SiO₂ l⁻¹</i>
<i>Douron</i>	42	17.8	08/10/99	10.4	05/03/99	14.5
<i>Dourduff</i>	63	16.3	18/10/99	9.1	08/03/99	13.4
<i>Dossen</i>	58	14.5	21/10/99	5.8	13/10/98	12.0
<i>Penzé</i>	19	14	09/11/99	10.5	02/03/99	12.5
<i>Guillec</i>	45	17.2	14/11/99	9.6	07/01/99	13.8
<i>Flèche</i>	56	18.2	21/10/98	6.6	02/12/98	14.8
<i>Quillimadec</i>	57	19.4	06/10/99	8.9	20/01/99	16.0
<i>Aber Wrac'h</i>	60	16.4	06/10/99	3.8	12/11/98	12.9
<i>Aber Benoît</i>	59	15.8	16/11/99	6.4	20/04/99	12.4
<i>Kermorvan</i>	46	15.3	08/12/99	1.3	15/09/99	9.9
<i>Elorn</i>	39	11.3	08/07/99	6.5	05/12/99	9.2
<i>Douffine</i>	65	7.1	14/10/99	3.1	20/04/99	5.5
<i>Aulne</i>	58	10.5	16/11/99	0	14/08/99	7.3
<i>Kerharo</i>	32	12	04/10/99	7.8	06/09/99	10.1
<i>Lapic</i>	36	13.6	04/10/99	4.2	05/07/99	11.7
<i>Ris</i>	43	17.4	05/09/99	4	06/10/99	13.2
<i>Pont L'Abbé</i>	54	14.2	20/01/00	0.5	19/08/99	8.8
<i>Odet</i>	59	11.6	07/10/99	6	14/09/99	9.1
<i>St Laurent</i>	46	14.1	28/10/99	8.5	20/04/99	12.3
<i>Aven</i>	36	11.4	05/10/99	6.5	19/01/99	9.7
<i>Belon</i>	37	25.4	02/05/99	4.5	25/04/99	15.4
<i>Laïta</i>	46	12	16/11/99	2.3	03/08/99	8.4

b) Evolution des concentrations en nitrates, phosphates et silicates, évolution des pluies (de septembre 1998 à avril 1999) :

* commentaires généraux sur l'évolution des concentrations :

- écoulement des eaux au niveau des bassins versants

Les eaux de pluies peuvent donner naissance à trois types d'écoulement :

- **un écoulement superficiel** qui est à l'origine du ruissellement et qui entraîne les particules en surface du sol,
- **un écoulement subsuperficiel nommé par les anglo-saxon « true flow »**. L'eau pénètre dans le sol à faible profondeur et s'écoule pour ressortir au niveau de la rivière. C'est une eau habituellement riche en sels nutritifs. Elle peut à l'occasion alimenter des petites sources. Les chemins d'écoulement empruntés par l'eau sont souvent les mêmes ce qui peut expliquer que progressivement les teneurs en sels nutritifs de l'eau provenant de ce chemin s'épuisent si les pluies se succèdent (phénomène de dilution),
- une infiltration des eaux de pluie qui donne naissance à un **écoulement souterrain**. Cet écoulement est à l'origine des sources. En percolant à travers la roche, l'eau se charge en matières minérales dissoutes. Ces eaux sont généralement très chargées en nitrates et silicates (pour ce dernier élément, sa teneur dans l'eau sera d'autant plus forte que le temps de séjour de l'eau dans le sous-sol sera long). Mais en allant des hautes eaux vers l'étiage, les écoulements souterrains peu profonds (chargés en nitrates) s'amenuisent et les écoulements plus profonds (dénitrifiés ou non contaminés) voient leur importance relative augmenter dans le débit de la rivière.

Suivant l'écoulement qui prédomine, l'eau du bassin versant possède des concentrations en sels nutritifs plus ou moins variables.

Dans le cas d'un bassin versant où l'eau de ruissellement est prépondérante, des variations importantes de sels nutritifs sont observées ; le phénomène de lessivage entraîne les particules superficielles. Dans le cas d'un bassin versant agricole, des nitrates, des phosphates et des particules adsorbées sur la matière en suspension sont apportés. Dans le cas d'un bassin versant urbanisé, une dilution générale des teneurs en sels nutritifs est plutôt constatée.

Si l'écoulement principal est le "true flow", les concentrations sont élevées au début de la période pluvieuse. Si celle-ci se prolonge, les concentrations diminuent lentement puisque les eaux empruntent le même passage et épuisent donc petit à petit le stock de nutriments.

Enfin, **dans le cas d'un écoulement souterrain**, les concentrations observées dans la rivière restent généralement stables même dans le cas de pluies ou de périodes sèches.

- réactions des sels nutritifs vis à vis des écoulements

Les bassins versants dont la **concentration en nitrates** diminue pendant la période sèche possèdent peu de ressources souterraines. Dans ce cas, les concentrations en nitrates dépendent de la nature plutôt imperméable du sol, le transfert des nitrates se fait alors en surface. Le lessivage lors des périodes pluvieuses explique les augmentations des concentrations. En période sèche, le transfert de l'azote se fait rare et les maigres débits des cours d'eau proviennent soit des petites réserves souterraines lointaines peu chargées en nitrates, soit d'écoulements superficiels à partir de zones humides où la dénitrification a déjà joué un rôle.

Par contre, d'autres rivières possèdent des concentrations assez stables en nitrates malgré une variation des débits. Elles ont des ressources souterraines plus importantes qui peuvent alimenter les rivières et maintenir les concentrations et les débits en période sèche, les flux de nitrates restent donc soutenus en période d'étiage du fait de ces réserves. Néanmoins, de part la nature de leur sol, elles peuvent bénéficier aussi des eaux de ruissellement. En début de crue, il peut arriver que les concentrations en nitrates diminuent grâce à la dilution que provoque le ruissellement superficiel. Dans notre étude, c'est le cas par exemple du Saint Laurent et du Ris. Le Saint Laurent et le Ris alimentent des zones littorales où se développent des marées vertes, ce sont deux bassins versants à forte sensibilité vis à vis de l'eutrophisation littorale car les flux de nitrates restent soutenus en période d'étiage du fait des réserves d'eau souterraine.

Dans le Nord-Finistère, les réactions sont plus complexes. Les débits soutenus en période sèche dénotent un écoulement important de réserves d'eau souterraine ; ces sources contribuent en principe au maintien des concentrations en nitrates. Or des variations ponctuelles de concentrations en nitrates généralement assez fortes sont constatées. Lors d'un épisode pluvieux, une dilution peut être observée dans un premier temps puis les valeurs de nitrates remontent quelquefois à un niveau supérieur à celui précédent l'épisode pluvieux. C'est le cas pour l'Aber Wrac'h, l'Aber Benoît, le Quillimadec, la Flèche.

Les variations de concentrations en nitrates observées au cours d'une année dépendent de la contribution globale des eaux souterraines au régime du cours d'eau mais aussi du volume d'eau stocké dans le réservoir aquifère, de son état de contamination, de l'importance des phénomènes de dénitrification, de l'époque où se sont infiltrées les eaux les plus anciennes

et de la participation de ces dernières à l'écoulement total (Watremez, 1999²).

Pour les silicates, des mécanismes analogues à ceux des nitrates semblent réguler les concentrations. Dans beaucoup de cas, nitrates et silicates évoluent de la même façon (lors d'une crue, les teneurs en nitrates et en silicates diminuent avec la dilution). Si l'écoulement souterrain prédomine, la teneur en silice dissoute sera plus importante (la teneur en silicates sera d'autant plus forte que le temps de séjour de l'eau dans le sous sol sera long) et elle sera plus stable. Au printemps et en été, il est normal de constater une diminution des concentrations en sels nutritifs et en particulier une diminution des teneurs en silice dissoute du fait de la reprise de l'activité biologique.

Les phosphates présentent un comportement plus complexe. Les apports domestiques sont réguliers en moyenne par contre les apports d'origine agricole ou piscicole sont plus ponctuels et/ou épisodiques. Lors d'un épisode pluvieux, l'eau infiltrée qui percole dans la zone non saturée réagit avec une zone limitée du sol. L'impact de l'eau de pluie sur le sol a pour effet de disloquer les particules (effet "splash") et provoque par ruissellement un entraînement des particules. Les processus d'érosion et de transport vont permettre une mobilisation sélective des particules en fonction de leur granulométrie et de leur composition en argile et en matière organique, fortement enrichie en phosphore par rapport aux fractions plus grosses.

Deux comportements s'opposent donc pour les phosphates. La teneur en phosphates due aux apports domestiques diminue en hiver avec l'augmentation des débits des rivières qui diluent les quantités de phosphates ; à l'inverse, les pluies ruisselant sur les terres agricoles apportent des phosphates dans la rivière.

* évolution des différents paramètres :

Dans ce paragraphe, **les rivières sont regroupées géographiquement par station météorologique de proximité** (cf. tableau 8). La période d'étude est comprise entre septembre 1998 et décembre 1999.

² Watremez P., Talbo H., (1999). Typologie des bassins versants bretons. Pollutions diffuses : du bassin versant au littoral, Actes de colloque, Ifremer, pp. 210-219.

L'annexe 3 regroupe les graphes représentant l'évolution des concentrations et l'annexe 4 les graphes représentant l'évolution des concentrations et l'évolution des pluies jusqu'à la fin du mois d'avril 1999. **Une comparaison de l'évolution des concentrations et des pluies a été effectuée de septembre 1998 à avril 1999 de façon à observer le comportement des concentrations lors des périodes pluvieuses et des périodes plus sèches.** Quatre périodes pluvieuses plus ou moins identiques sont rencontrées pour les différentes stations météorologiques : mi-octobre, fin décembre, fin février et mi-avril.

Les normes de potabilité : $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ pour les nitrates et $0.5 \text{ mg PO}_4^- \text{ l}^{-1}$ ou 0.16 mg P l^{-1} pour les phosphates sont souvent prises comme référence dans les comparaisons entre les différentes rivières.

D'après la figure 5, une opposition nord/sud est constatée : les rivières situées au nord du département possèdent des concentrations en nitrates plus élevées qu'au sud.

Tableau 8 : Regroupement des rivières en fonction des stations météorologiques

<i>Station météo</i>	<i>Rivière</i>
<i>Morlaix</i>	Douron, Dourduff, Dossen, Penzé, Guillec.
<i>Plouider</i>	Flèche, Quillimadec, Aber Wrac'h, Aber Benoît.
<i>Lanvéoc</i>	Kermorvan, Elorn, Douffine, Aulne.
<i>Kerlaz</i>	Kerharo, Lopic, Ris.
<i>Pluguffan</i>	Pont l'Abbé, Odet, St Laurent.
<i>Quimperlé</i>	Aven, Belon, Laïta.

• *Morlaix*

Pour les rivières de cette zone, des concentrations en nitrates souvent plus fortes sont observées en été, elles diminuent ensuite en septembre ; les variations de ces concentrations ne sont pas très

importantes même si les concentrations en nitrates et silicates réagissent aux fortes pluies par dilution. Les concentrations en phosphates ont tendance à augmenter à partir de mars pour redescendre en octobre.

Les concentrations en nitrates du **Douron** diminuent lors de grosses pluies puis remontent à un niveau parfois supérieur après la période pluvieuse. D'environ 30 mg l⁻¹ de nitrates en octobre 1998, les teneurs sont passées à 40 mg l⁻¹ en avril 1999. C'est le phénomène de lessivage (apport de nitrates quand il pleut). Les concentrations en nitrates ont tendance à augmenter de l'hiver à l'été mais la norme de 50 mg l⁻¹ n'est jamais atteinte.

Les silicates réagissent aussi aux dilutions, les valeurs restent relativement stables hors période pluvieuse.

Les phosphates diminuent en hiver pour osciller entre 0.00 et 0.03 mg P l⁻¹ par la suite, ils remontent à partir d'avril. Il existe 4 piscicultures sur le Douron mais la norme est rarement atteinte.

Les concentrations en nitrates du **Dourduff** restent assez stables, mais une augmentation des concentrations est observée en novembre : les 50 mg l⁻¹ sont largement atteints (cf. figure 6). Les teneurs en nitrates et silicates ont une évolution similaire. Elles augmentent et diminuent au même moment.

Les concentrations en silicates évoluent peu sauf sous l'influence des phénomènes de dilution.

Deux piscicultures sont présentes sur cette rivière mais leurs rejets semblent présenter peu d'impact, les concentrations en phosphates n'étant pas très élevées.

Les concentrations en nitrates du **Dossen** augmentent dans un premier temps avec le lessivage des sols (en octobre) puis ses concentrations sont diluées lors des épisodes pluvieux suivants, une seule valeur dépasse les 50 mg l⁻¹. Les silicates et les nitrates évoluent en concordance tandis que les phosphates passent de 0.3 mg P l⁻¹ à la fin de l'été à 0.05 mg P l⁻¹ l'hiver.

La présence de huit piscicultures en amont sur les affluents du Dossen (3 sur le Jarlot et le Tromorgant, 5 sur le Queffleuth) explique la teneur en phosphate élevée de cette rivière par rapport aux autres rivières de la zone. La norme de 0.16 mg P l⁻¹ est dépassée en septembre 1998 et 1999.

Les concentrations en nitrates de la **Penzé** peuvent atteindre de fortes valeurs (100 mg l⁻¹) mais peuvent aussi descendre jusqu'à 40 mg l⁻¹, les fluctuations sont importantes.

Les silicates sont très stables, de l'ordre de 12 mg SiO₂ l⁻¹.

Les phosphates augmentent du début de l'année 1999 à l'été 1999 puis ont tendance à redescendre.

Le **Guillec** présente de fortes concentrations en nitrates (quelquefois $>110 \text{ mg l}^{-1}$), surtout en période estivale, qui sont dues à la zone légumière qui borde le bassin versant (cf. figure 7). Les concentrations en nitrates les plus importantes du département sont observées dans cette région et en particulier dans le Guillec et l'Horn : deux rivières qui se jettent dans l'anse du Guillec à Sibiril. En fin de période d'étude des fluctuations importantes sont observées (d'octobre à décembre 1999) dues aux dilutions des concentrations par les pluies : elles peuvent passer de 100 mg l^{-1} à moins de 40 mg l^{-1} .

Les silicates restent relativement stables.

Les phosphates augmentent à partir de mars pour atteindre des valeurs proches ou supérieures à la norme.

•*Plouider*

Pour toutes les rivières de cette zone, les concentrations en nitrates varient très fortement (phénomènes de dilution,...). Les maxima sont observés en été ; pour ces rivières la part d'eau souterraine chargée en nitrates est assez importante et elle augmente en période estivale. Les silicates réagissent également aux phénomènes de dilution. A partir de mars les concentrations en phosphates ont tendance à augmenter.

Pour la **Flèche**, silicates et nitrates réagissent fortement aux épisodes pluvieux par dilution, il y a donc une contribution importante des eaux de surface quand il pleut. Les concentrations en nitrates sont parfois élevées (plus de 80 mg l^{-1}) et la majorité des valeurs sont supérieures à 50 mg l^{-1} (les valeurs inférieures à cette norme sont dues aux dilutions) (cf. figure 8).

Les phosphates semblent augmenter dès qu'un pic de pluie est observé ; ce sont donc les eaux de ruissellement qui apportent les phosphates. Une pisciculture existe sur cette rivière (au lieu-dit Moulin Soul sous Coat Meret).

Pour le **Quillimadec**, l'**Aber Benoît** et l'**Aber Wrac'h**, leurs comportements vis-à-vis des sels nutritifs semblent identiques à la Flèche. Nitrates et phosphates réagissent de façon opposée alors que nitrates et silicates ont les mêmes réactions par rapport aux pluies. Ces quatre rivières présentent une concentration en phosphate initiale de 0.2 à 0.3 mg P l^{-1} qui par la suite,

tend à diminuer sauf lors d'épisodes pluvieux importants. Une pisciculture est présente sur les rives du Quillimadec, il y en a deux sur l'Aber Benoît.

• *Lanvéoc*

Une diminution des concentrations estivales en nitrates est constatée pour les rivières de cette zone (surtout pour la Douffine et l'Aulne).

Pour le **Kermorvan**, une augmentation des teneurs en nitrates est constatée de novembre à juin avec le lessivage dû aux pluies, les concentrations diminuent ensuite pendant la période estivale. Les phénomènes de dilution sont beaucoup moins marqués que pour les rivières de la zone précédente. Un pic de nitrates est observé le 26/11/99 avec 101 mg l^{-1} , les autres valeurs sont presque toutes supérieures à 50 mg l^{-1} . Il est à noter qu'il existe trois étangs en aval du moulin de Kerléo (point de prélèvement) où des phénomènes d'eutrophisation sont rencontrés au printemps et en été, les concentrations en nitrates sont donc plus faibles à l'exutoire par rapport aux valeurs rencontrées au moulin de Kerléo. L'été, l'usine d'eau potable située sur le Kermorvan pompe la quasi-totalité de l'eau de cette rivière et très peu de rejets en mer sont visibles.

Les silicates sont relativement stables mais présentent une diminution à partir d'avril (due sans doute à une consommation biologique).

Les teneurs en phosphates sont très inférieures à la norme de potabilité (valeurs inférieures à 0.07 mg P l^{-1} sauf un pic à 0.14 mg P l^{-1} le 10/11/99).

L'**Elorn** présente des teneurs en nitrates assez régulières, entre 22 et 48 mg l^{-1} , une baisse des concentrations est observée en période estivale. Les concentrations à la station de pompage de Pont Ar Bled ne dépassent jamais 50 mg l^{-1} car elles sont régulées par des lâchés d'eau du barrage du Drénec. Il est à noter que pour cette rivière, les valeurs de concentrations en nitrates proviennent de la Communauté Urbaine de Brest.

Les concentrations en silicates sont ici plus faibles (le bassin versant est plus schisteux).

Les valeurs de concentrations en phosphates augmentent fortement à partir de mars pour atteindre en juillet des valeurs parfois proches de 0.25 mg P l^{-1} . Elles redescendent à la fin de l'été.

Pour l'**Aulne** et la **Douffine**, les teneurs en silicates sont faibles (environ $5 \text{ mg SiO}_2 \text{ l}^{-1}$ pour la Douffine et un peu plus pour l'Aulne), les teneurs en nitrates diminuent fortement en hiver quand il pleut (cf. figure 9). Le

ruissellement superficiel serait le mécanisme prépondérant d'apport d'eau à ces rivières pendant les périodes pluvieuses et les réserves souterraines pour ces rivières sont faibles, ce qui est confirmé par la forte baisse du niveau des eaux en période d'étiage. L'Aulne possède un grand bassin versant (environ 1800 km²) et la part d'eau de ruissellement lors des épisodes pluvieux est plus grande qu'au niveau des petits bassins versants. De plus, le ruissellement est plus important sur le schiste : un sol schisteux est très vite saturé quand il pleut. Si l'eau avait percolé longtemps, les valeurs de silicates et nitrates seraient plus élevées. La structure géologique schisteuse de ces deux bassins versants peut ainsi jouer un rôle sur les teneurs en silicates.

Les concentrations en nitrates pour la Douffine sont faibles : au maximum 35 mg l⁻¹. L'Aulne a des valeurs de nitrates qui passent de 15 mg l⁻¹ (fin septembre 1998) à 35 mg l⁻¹ de moyenne par la suite. Cette transition se fait après la forte crue du 24/10/98. Le phénomène de dilution est constaté : pendant la période pluvieuse de mi-avril 1999, les concentrations en nitrates ont fortement chuté jusqu'à 8 mg l⁻¹ pour l'Aulne et 11 mg l⁻¹ pour la Douffine ; elles remontent ensuite rapidement. La chute des nitrates pour l'Aulne à partir de mai jusqu'à fin septembre est impressionnante : on passe de 40 à 10 mg l⁻¹ (les réserves souterraines sont faibles et il doit y avoir une activité biologique importante le long du cours d'eau).

Les concentrations en silicates chutent en juin pour l'Aulne, des valeurs nulles sont même observées mi-août et mi-septembre dues à des phénomènes d'eutrophisation. Pour la Douffine, les valeurs de silicates auraient tendance à augmenter légèrement en été : ceci est sans doute dû à la part relative des eaux souterraines plus chargées en silicates qui augmentent en période d'étiage.

Les concentrations en phosphates sont beaucoup plus importantes pour la Douffine que pour l'Aulne, une pisciculture est présente juste en amont du point de prélèvement de la Douffine et des valeurs fortes ont été observées en été 1999 (0.35 mg P l⁻¹).

• *Kerlaz*

Les concentrations en nitrates du **Kerharo** et du **Lapic** diminuent en été comme pour l'Aulne et la Douffine, les réserves d'eau souterraine sont assez faibles sur ces rivières (zone avec des schistes et des micaschistes). Les concentrations en nitrates du Kerharo varient entre 20 mg l⁻¹ en étiage et 50 mg l⁻¹ en hiver (cf. figure 10), celles du Lapic sont plus élevées : comprises

entre 30 et 60 mg l⁻¹. Ces ruisseaux apportent des flux printaniers d'azote d'origine agricole dans une zone côtière où les eaux se dispersent peu ce qui explique la forte prolifération d'algues vertes. Le pouvoir dénitrifiant du marais côtier de Kerviguen, près du Kerharo, a été étudié et les conditions sont très favorables à un abattement efficace des nitrates par prélèvement biologique et dénitrification microbienne. Mais le Kerharo, qui passait dans ce marais, a été dévié en 1960 ; le Conseil Général du Finistère s'est porté acquéreur de ce marais pour tenter de réhabiliter le site et pérenniser sa fonction printanière et estivale de dénitrification.

Les teneurs en silicates sont relativement stables (fluctuations cependant dues au phénomène de dilution).

Les concentrations en phosphates sont beaucoup plus importantes sur le Lopic où elles augmentent régulièrement de mai à septembre (jusqu'à 0.48 mg P l⁻¹). Pour le Kerharo, des valeurs plus fortes sont aussi observées en été.

Les teneurs en nitrates du **Ris** restent très stables à 40 mg l⁻¹ (cf. figure 11). Des réserves d'eau souterraine alimentent cette rivière ce qui explique la stabilité des concentrations (le bassin versant est plutôt granitique à la différence du Kerharo et du Lopic) ; à noter l'événement du 20 février 1999 avec de fortes pluies des jours précédents entraînant une diminution des teneurs en nitrates et en silicates par dilution.

Les concentrations en silicates sont représentatives d'une eau qui a séjourné dans le sol, elles sont plus élevées que pour le Lopic et le Kerharo. Une analyse tardive (août 2000) de l'échantillon du 6 octobre 1999, peut expliquer une brutale chute de la concentration en silicates, de 17 mg SiO₂ l⁻¹ le 5 septembre 1999 à 4 mg SiO₂ l⁻¹ le 6 octobre 1999.

Les phosphates augmentent avec le ruissellement des sols agricoles mais quand les pluies se font trop persistantes, une dilution intervient.

• *Pluguffan*

Les concentrations en sels nutritifs observées au sud du département sont généralement plus faibles que dans le nord du département.

La rivière de **Pont l'Abbé** possède des teneurs en nitrates qui augmentent régulièrement de septembre (15 mg l⁻¹) à fin mars (40 mg l⁻¹), au

printemps et en été les concentrations diminuent malgré des réserves souterraines assez importantes (cf. figure 12).

Les concentrations en silicates chutent en même temps que les concentrations en nitrates de fin mars à fin septembre. A noter une retenue d'eau en amont du point de prélèvement propice au développement de la dénitrification et de la déphosphatation. Des diatomées se développent dans cette retenue au printemps et en été, ce qui explique la diminution des concentrations en silice dissoute et en nitrates. Les concentrations en silicates remontent fin septembre.

Les concentrations en phosphates restent faibles (inférieures à 0.03 mg P l^{-1}).

L'**Odet** présente une augmentation des concentrations en nitrates moins forte que la rivière de Pont l'Abbé (de 30 mg l^{-1} en octobre, on passe à $35-40 \text{ mg l}^{-1}$ ensuite). Les fluctuations sont plus importantes que pour la rivière précédente : les phénomènes de dilution des concentrations par les pluies sont plus visibles pour l'Odet. La concentration en nitrates a atteint 54 mg l^{-1} le 17 juin alors que jusque là aucune valeur ne dépassait 45 mg l^{-1} .

Les valeurs de concentrations en silicates sont intermédiaires ($10 \text{ mg SiO}_2 \text{ l}^{-1}$), le bassin versant de l'Odet possède des schistes, des micaschistes et des granites.

Les valeurs de concentrations en phosphates sont ici aussi plus basses en hiver.

Le **Saint Laurent** alimente le site du Finistère le plus important en marées vertes (baie de Concarneau-La Forêt) et pourtant les concentrations sont loin d'être les plus élevées (environ 45 mg l^{-1}), une relative stabilité des concentrations en nitrates est observée avec des phénomènes de dilution des concentrations en nitrates et en silicates quand les pluies persistent. Les réserves souterraines sont assez importantes pour cette rivière.

• *Quimperlé*

Les teneurs en nitrates pour l'**Aven** fluctuent entre 20 et 45 mg l^{-1} .

Les teneurs en silicates sont stables (autour des $10 \text{ mg SiO}_2 \text{ l}^{-1}$).

Les teneurs en phosphates sont plus élevées en été, elles dépassent la norme pour l'eau potable en septembre 1999.

Les concentrations en nitrates du **Belon** varient de 10 à 60 mg l⁻¹, les fluctuations sont assez importantes.

Les concentrations en silicates varient au début de la période d'étude.

Les teneurs en phosphates sont plus importantes en été.

Les teneurs en nitrates de la **Laïta** varient entre 12 et 35 mg l⁻¹ (cf. figure 13).

Les concentrations en silicates varient surtout en été (peut-être en raison de l'activité biologique) mais il n'y a pas de tendance marquée.

Malgré les piscicultures présentes sur la Laïta ou sur ses affluents, les concentrations en phosphates ne sont pas très élevées (au maximum, 0.1 mg P l⁻¹).

Enfin les rivières du Finistère se rattachent à deux principaux types :

- les rivières des bassins versants à réserves souterraines importantes ou modérées dont les concentrations en nitrates augmentent en été ou restent relativement stables : le Douron, le Dourduff, le Dossen, le Guillec, la Flèche, le Quillimadec, les Abers, le Ris, le Saint Laurent ;

- les rivières des bassins versants à réserves souterraines faibles dont les concentrations en nitrates diminuent en été : la Douffine, l'Aulne, le Kerharo et le Lopic.

- les rivières en situation intermédiaire : la Penzé, le Kermorvan, l'Elorn, la rivière de Pont l'Abbé, l'Odet, l'Aven, le Belon et la Laïta ; leur classement dans l'une des catégories précédentes semble difficile du fait de l'intervention de facteurs tels que l'activité biologique ou les lâchers de barrage (cas de l'Elorn).

3 - Flux de nitrates, phosphates et silicates :

Le flux F_t d'un élément arrivant au littoral est déterminé par sa concentration C_t dans le milieu (à salinité nulle) multipliée par le débit Q_t à l'exutoire, à un instant t donné :

$$F_t \text{ (g/s)} = C_t \text{ (g/m}^3\text{)} * Q_t \text{ (m}^3\text{/s)}$$

La mesure des concentrations et des débits au même instant et au même endroit est en principe indispensable.

Pour onze rivières suivies par le réseau Ecoflux, des calculs de flux de nitrates, phosphates et silicates ont pu être effectués grâce à la présence de stations de jaugeage : il s'agit du Dourduff, du Dossen, de la Penzé, du Guillec, de l'Elorn, de la Douffine, de l'Aulne, du Pont L'Abbé, de l'Odet, de l'Aven et de la Laïta. Mais les stations de mesure de débits ne se situent presque jamais à l'exutoire de la rivière et une extrapolation des débits par rapport à la taille des bassins versants est alors nécessaire, **les flux calculés ne sont donc pas des flux réels mais des flux estimés** (cf. annexe 5 et tableau 9). La précision sur les flux est inférieure à 1 %.

Tableau 9 : Stations de mesure de débits, organismes sources de données et tailles des bassins versants

<i>Rivière</i>	<i>Station de jaugeage</i>	<i>Organisme source</i>	<i>Taille du bassin</i>	<i>Taille totale du</i>
----------------	----------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

		<i>des données de débits</i>	<i>versant à la station de jaugeage (km²)</i>	<i>bassin versant (km²)</i>
Dourduff	Garlan	DIREN Bretagne	45	75
Dossen (Tromorgant, Jarlot, Queffleuth)	Plougonven Plougonven Plourin-lès-Morlaix	DIREN Bretagne	42.3 44 96	182.30 235
Penzé	Taulé	DIREN Centre	141	206
Guillec	Trézilidé	DIREN Bretagne	43	74
Elorn	Plouedern	CUB	260	402
Douffine	Saint-Ségal	DIREN Bretagne	138	177
Aulne	Châteauneuf-Faou	DIREN Centre	1224	1792
Pont L'Abbé	Tréméoc	DIREN Bretagne	51.8	127
Odet (Odet, Jet, Steir)	Ergué-Gabéric Ergué-Gabéric Guengat	DIREN Centre DIREN Bretagne DIREN Bretagne	205 107 179	491 715
Aven	Pont-Aven	DIREN Bretagne	165	210
Laïta (Isole et Ellé)	Quimperlé Arzano	DIREN Centre DIREN Centre	224 578	802 917

a) Flux moyens, minimaux et maximaux en nitrates, phosphates et silicates :

Pour toutes les rivières, les flux suivent l'évolution des débits (surtout les flux de nitrates et les flux de silicates) car les débits varient d'un facteur beaucoup plus important que les concentrations (le débit d'une rivière

peut varier d'un facteur 10, 20 ou plus entre l'étiage et les crues alors que les concentrations varient d'un facteur 2 ou 3 rarement plus) (cf. annexe 5). Ainsi, l'Aulne qui possède des concentrations en nitrates, phosphates et silicates relativement basses libère dans la rade de Brest un flux très important de ces trois éléments vu la taille de son bassin versant. Les flux de nitrates et de silicates possèdent donc une variation saisonnière marquée.

* les flux de nitrates :

La valeur maximale la plus élevée est observée pour l'Aulne avec $938 \text{ T NO}_3 \text{ J}^{-1}$; la Penzé, l'Elorn, la Douffine, l'Odét et la Laïta présentent aussi des maxima importants (respectivement 101, 88.3, 91.2, 161, $124 \text{ T NO}_3 \text{ J}^{-1}$). Toutes les valeurs maximales de flux de nitrates sont constatées en hiver (et plus particulièrement pendant les mois de décembre et de janvier) en période de crues. Pour l'Elorn, les flux minimaux, maximaux et les moyennes du tableau 10 sont ceux des données Ecoflux ; comparé aux flux calculés grâce aux concentrations journalières et aux débits journaliers obtenues par la Communauté Urbaine de Brest (cf. figure 5-d de l'annexe 5) le maximum est de $152 \text{ T NO}_3 \text{ J}^{-1}$ le 16/01/99, la valeur minimale est de $4.11 \text{ T NO}_3 \text{ J}^{-1}$ et la moyenne de $25.7 \text{ T NO}_3 \text{ J}^{-1}$ sur la période d'étude (septembre 1998-décembre 1999), ces deux valeurs sont similaires à celles calculées grâce aux données Ecoflux ce qui prouve qu'une évolution des flux avec une valeur hebdomadaire est représentative de la réalité.

Les minima varient entre $0.49 \text{ T NO}_3 \text{ J}^{-1}$ (pour le Dourduff) et $6.93 \text{ T NO}_3 \text{ J}^{-1}$ pour l'Odét. Les minima sont souvent observés pendant le mois de septembre.

Les moyennes fluctuent entre $4.24 \text{ T NO}_3 \text{ J}^{-1}$ (pour le Dourduff) et $138 \text{ T NO}_3 \text{ J}^{-1}$ (pour l'Aulne) soit une variation d'un facteur 30 ; le Dourduff possède le maximum le plus faible, le minimum le plus faible et la moyenne la plus basse, les débits pour cette rivière ne sont effectivement pas très élevés. Pour l'Aulne, la taille du bassin versant et les forts débits en période de crue expliquent les valeurs de flux de nitrates constatés, son minimum est bas (1.90

NO₃ J⁻¹) car les débits peuvent atteindre des valeurs très faibles en période d'étiage. Les rivières des grands bassins versants présentent donc des flux plus importants (que ce soit pour les nitrates, phosphates ou silicates). Le flux moyen du Guillec est comparativement assez faible (9.64 T NO₃ J⁻¹) pourtant cette rivière alimente un site où se développent d'importantes marées vertes, ce qui montre la sensibilité du site récepteur à d'autres facteurs externes (temps de résidence des eaux dans les baies).

Tableau 10 : Flux maximaux, minimaux et moyennes en nitrates pendant la période d'étude (septembre 1998-décembre 1999) dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>Rivière</i>	<i>Maximum T NO₃ J⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Minimum T NO₃ J⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne T NO₃ J⁻¹</i>
<i>Dourduff</i>	12.7	11/01/99	0.49	12/10/98	4.24
<i>Dossen</i>	42.7	20/01/99	2.33	20/09/99	11.7
<i>Penzé</i>	101	30/12/99	3.63	07/09/99	20.9
<i>Guillec</i>	24.8	27/01/99	3.43	01/10/99	9.64
<i>Elorn</i>	88.3	12/12/99	4.16	04/08/99	25.3
<i>Douffine</i>	91.2	27/12/98	0.58	16/09/99	13.2
<i>Aulne</i>	938	29/12/99	1.90	16/09/99	138
<i>Pont L'Abbé</i>	17.9	20/01/99	1.04	22/10/99	6.34
<i>Odet</i>	161	21/01/99	6.93	14/09/99	52.1
<i>Aven</i>	45.7	26/01/99	2.71	14/09/99	14.4
<i>Laïta</i>	124	26/01/99	5.13	14/09/99	42.1

* les flux de phosphates :

Les valeurs maximales sont observées pour l'Aulne avec 1037 kg P J⁻¹, pour l'Odet (207 kg P J⁻¹) et pour la Laïta (209 kg P J⁻¹) (cf. tableau 11). La rivière de Pont L'Abbé possède une valeur maximale faible (7.24 kg P J⁻¹)

qui est expliquée par la retenue d'eau en amont du point de prélèvement jouant un rôle de tampon.

Les valeurs minimales atteignent souvent des valeurs proches de 0 comme pour le Dossen, l'Elorn, l'Aulne, le Pont l'Abbé, l'Odét et la Laita (ce ne sont sans doute pas des valeurs nulles mais les concentrations sont très faibles et ne sont donc pas détectées).

Pour l'Aulne et l'Odét, les valeurs de **flux moyens** de phosphates sont élevées : respectivement 98.4 et 36.9 kg P J⁻¹. La moyenne la plus faible est observée pour la rivière de Pont L'Abbé (2.2 kg P J⁻¹).

Tableau 11 : Flux maximaux, minimaux et moyennes en phosphates pendant la période d'étude (septembre 1998-décembre 1999) dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>Rivière</i>	<i>Maximum kg P J⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Minimum kg P J⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne kg P J⁻¹</i>
<i>Dourduff</i>	14.1	08/03/99	1.64	15/02/99	4.88
<i>Dossen</i>	64.1	02/11/98	0.00	10/05/99	28.9
<i>Penzé</i>	66.9	29/12/98	16.7	07/09/99	32.3
<i>Guillec</i>	85.0	24/10/99	4.60	30/08/99	12.8
<i>Elorn</i>	67.9	12/12/99	0.39	05/12/99	24.5
<i>Douffine</i>	145	03/11/98	5.85	15/04/99	24.6
<i>Aulne</i>	1037	25/10/98	0.00	plusieurs	98.4
<i>Pont L'Abbé</i>	7.53	27/12/98	0.05	13/10/99	2.2
<i>Odét</i>	207	01/10/98	0.00	plusieurs	36.9
<i>Aven</i>	62.3	19/01/99	8.2	06/04/99	15.5
<i>Laita</i>	209	30/03/99	0.00	09/02/99	34.7

* les flux de silicates :

Comme pour les nitrates et les phosphates, les flux maximaux de silicates sont observés pour l'Aulne, pour l'Odét et pour la Laita :

respectivement 208, 39.2, 43.9 T SiO₂ J⁻¹ (cf. tableau 12). Les valeurs maximales sont souvent constatées en décembre ou en janvier.

Les flux minimaux sont souvent faibles en été ou au début de l'automne en raison des faibles débits et des phénomènes d'eutrophisation qui peuvent exister le long du cours d'eau : 0.21 T SiO₂ J⁻¹ pour le Dourduff, 0.17 T SiO₂ J⁻¹ pour la Douffine, 0 pour l'Aulne, 0.04 T SiO₂ J⁻¹ pour le Pont L'Abbé.

Les moyennes varient entre 1.16 T SiO₂ J⁻¹ (pour le Dourduff) et 36.5 T SiO₂ J⁻¹ (pour l'Aulne). Elles sont fortes sur l'Aulne, l'Odet et la Laita (36.5, 13.8 et 14.1 T SiO₂ J⁻¹) en raison de la taille des bassins versants et des débits élevés.

Tableau 12 : Flux maximaux, minimaux et moyennes en silicates pendant la période d'étude (septembre 1998-décembre 1999) dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>Rivière</i>	<i>Maximum T SiO₂ J⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Minimum T SiO₂ J⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne T SiO₂ J⁻¹</i>
<i>Dourduff</i>	2.93	11/01/99	0.21	13/09/99	1.16
<i>Dossen</i>	13.3	20/01/99	0.88	13/10/98	4.35
<i>Penzé</i>	18.7	30/12/99	0.75	07/09/99	4.29
<i>Guillec</i>	3.48	24/10/99	0.43	30/07/99	1.60
<i>Elorn</i>	29.9	12/12/99	0.75	04/08/99	5.88
<i>Douffine</i>	18.2	05/01/99	0.17	18/08/99	2.77
<i>Aulne</i>	208	29/12/99	0.00	14/08/99	36.5
<i>Pont L'Abbé</i>	7.24	27/12/98	0.04	19/08/99	2.15
<i>Odet</i>	39.2	21/01/99	1.15	14/09/99	13.8
<i>Aven</i>	11.4	26/01/99	0.64	14/09/99	3.73
<i>Laita</i>	43.9	19/01/99	0.48	14/09/99	14.1

Tableau 13 : Estimation des flux moyens journaliers de nitrates, de phosphates et de silicates pour quelques rivières du réseau Ecoflux (données de l'année 1999)

<i>Rivières</i>	<i>Flux moyens journaliers de nitrates (T NO₃ J⁻¹)</i>	<i>Flux moyens journaliers de phosphates (kg P J⁻¹)</i>	<i>Flux moyens journaliers de silicates (T SiO₂ J⁻¹)</i>
Dourduff	3.94	4.61	1.07
Dossen	11.9	27.6	4.32
Penzé	17.8	30.4	3.70
Guillec	9.47	12.8	1.57
Elorn	25.3	25.8	5.92
Douffine	9.93	19.7	2.12
Aulne	129	70.1	32.1
Pont l'Abbé	6.63	1.96	1.98
Odet	49.6	36.2	12.6
Aven	13.7	15.6	3.52
Laïta	41.1	33.3	13.7

b) Comparaison des flux spécifiques de nitrates, phosphates et silicates :

Pour comparer les rivières entre elles, il est intéressant de calculer des flux annuels spécifiques c'est à dire des flux moyens par an ramenés au km^2 de bassin versant. **Nous présentons ici des données préliminaires car pour certaines rivières les débits jusqu'à la fin de l'année 1999 ne sont pas encore disponibles.**

* les flux spécifiques de nitrates :

Les flux spécifiques de nitrates varient de $14.0 \text{ TN an}^{-1} \text{ km}^{-2}$ pour le Guillec à $3.73 \text{ TN an}^{-1} \text{ km}^{-2}$ pour la Laïta (cf. tableau 13). Le facteur "débit" masque l'opposition nord/sud que l'on peut observer pour les concentrations en nitrates. Pour le Guillec, la forte valeur constatée est expliquée par les concentrations élevées dans cette zone.

Les valeurs de flux spécifiques de nitrates des rivières du réseau ECOFLUX ont été comparées à des valeurs antérieures sur des rivières bretonnes (cf. tableau 14). Pour L'Elorn, l'Odet ou la Laïta les flux spécifiques peuvent doubler d'une année sur l'autre (en fonction des conditions climatiques : variabilité des précipitations).

Pour l'Elorn, le flux spécifique est très précis puisqu'il a été calculé grâce aux données de flux journaliers pour les années 1998 et 1999 à la station de pompage de Pont Ar Bled.

* les flux spécifiques de phosphates :

Les flux spécifiques de phosphates varient de $7.74 \text{ kg P an}^{-1} \text{ km}^{-2}$ pour la rivière de Pont L'Abbé à $59.5 \text{ kg P an}^{-1} \text{ km}^{-2}$ pour le Guillec, soit une variation d'un facteur 7. Le Dossen qui possède des concentrations relativement fortes en phosphates a également un flux spécifique important : $48.0 \text{ kg P an}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Les valeurs les plus élevées sont observées dans les rivières du nord et de l'ouest du département.

* les flux spécifiques de silicates :

Les flux spécifiques de silicates varient peu : entre $9.97 \text{ T SiO}_2 \text{ an}^{-1} \text{ km}^{-2}$ pour l'Odet et $6.18 \text{ T SiO}_2 \text{ an}^{-1} \text{ km}^{-2}$ pour la Laïta.

Tableau 14 : Estimation des flux spécifiques de nitrates, de phosphates et de silicates pour quelques rivières du réseau Ecoflux (données de l'année 1999)

<i>Rivières</i>	<i>Flux spécifique de nitrates</i>		<i>Flux spécifique de phosphates (kg P an⁻¹ km⁻²)</i>	<i>Flux spécifique de silicates (T SiO₂ an⁻¹ km⁻²)</i>
	<i>(T N an⁻¹ km⁻²)</i>	<i>(T NO₃ an⁻¹ km⁻²)</i>		
Dourduff	4.33	19.2	22.4	5.19
Dossen	4.18	18.5	42.8	6.71
Penzé	7.11	31.5	53.8	6.55
Guillec	10.5	46.7	63.2	7.73
Elorn	7.18 (1998) - 8.32 (1999) - 5.19 (données Ecoflux)	23.0	23.4	5.38
Douffine	4.62	20.5	40.7	4.38
Aulne	5.93	26.3	14.3	6.54
Pont l'Abbé	4.30	19.0	5.64	5.68
Odet	5.72	25.3	18.5	6.44
Aven	5.39	23.9	27.2	6.12
Laïta	3.69	16.3	13.2	5.45

Tableau 15 : Comparaison des flux spécifiques de nitrates des rivières du réseau Ecoflux (données 1998-1999) et de quelques rivières bretonnes (valeurs approximatives, données antérieures)

<i>Rivières</i>	<i>Flux spécifique de nitrates (T N an⁻¹ km⁻²)</i>
Rivières du Réseau Ecoflux	compris entre 3.73 (Laïta) et 14 (Guillec)
Trieux	3.5 (1996)
Elorn	8 (1995) - 4 (1996)
Aulne	7 (1995)
Odet	8 (1995) - 4 (1996)
Laïta	5 (1995) - 2 (1996)
Blavet	2 (1996)
Scorff	2 (1996)

IV - Synthèse 1998-1999

Synthèse 1998-1999 :

Le réseau Ecoflux a fonctionné de septembre 1998 à décembre 1999 avec **18 établissements scolaires, 19 bénévoles et 22 sites de prélèvements** (23 si on prend en compte les deux points de prélèvements qui se situent sur le Belon séparé en deux branches au niveau de son estuaire).

Les rivières sont classées en trois catégories :

- les rivières alimentant des zones à marées vertes chroniques et les rivières du Contrat de Baie de la Rade de Brest :

* les rivières alimentant des zones à marées vertes fréquentes et possédant des mesure de débit : le Guillec et l'Elorn ;

* les rivières alimentant des zones à marées vertes fréquentes mais ne possédant pas de mesures de débits : la Flèche, le Quillimadec, le Kerharo, le Lopic, le Ris, le Saint-Laurent ;

* les rivières ayant des mesures de débits et faisant partie du Contrat de Baie de la Rade de Brest : la Douffine et l'Aulne.

- les rivières à marées vertes épisodiques :

* les rivières possédant des mesures de débits et alimentant des zones où se développent parfois des algues vertes et des espèces phytoplanctoniques toxiques : le Dourduff, le Dossen, la Penzé (qui est un bassin versant Bretagne Eau Pure 2).

* les rivières ne possédant pas de mesures de débits mais alimentant des zones où se développent parfois des algues vertes et des espèces phytoplanctoniques toxiques : l'Aber Wrac'h et l'Aber Benoît.

- les autres rivières :

* les rivières pour lesquelles des mesures de débits sont disponibles : la Laïta et l'Aven (alimentant des zones plus ou moins concernées par les marées vertes selon les années), l'Odet (contrat de rivière et bassin versant Bretagne Eau Pure 2), la rivière de Pont L'Abbé (bassin versant Bretagne Eau Pure 2) ;

* les rivières pour lesquelles des mesures de débits ne sont pas disponibles : le Douron (alimentant une zone à marées vertes mais cette

rivière est suivie par le département des Côtes d'Armor), le Kermorvan (bassin versant Bretagne Eau Pure 2) ; le Belon (alimentant une zone plus ou moins concernée par les marées vertes et le développement d'espèces phytoplanctoniques toxiques selon les années).

Principaux acquis du Réseau Ecoflux :

- **pour la première fois des mesures à fréquence hebdomadaire de concentrations en nitrates, phosphates et silicates sont disponibles sur 22 rivières du réseau hydrographique finistérien.** Les concentrations en silicates et leurs variations saisonnières étaient peu connues ; ces valeurs sont intéressantes et elles permettent d'obtenir des informations sur l'origine plus ou moins profonde de l'eau et de l'importance des phénomènes de ruissellement. Les variations des silicates représentent également un indice de l'activité biologique dûe aux espèces phytoplanctoniques (et plus particulièrement les diatomées).

- **les moyennes annuelles, les maxima et minima des concentrations en nitrates et phosphates sont plus assurés.**

- **des données de variations hebdomadaires de concentrations en nitrates sont disponibles sur des rivières alimentant des zones à forte sensibilité pour le phénomène de marées vertes** (exemple du Saint-Laurent, du Lapic, du Kerharo et du Ris).

- **le succès des actions de sensibilisation et de prévention pour les futurs agriculteurs ou pour les jeunes d'une façon générale est important pour améliorer dans les années à venir la qualité des eaux finistériennes.**

Divers exposés étaient proposés aux élèves sur des thèmes environnementaux : la pollution des eaux et les mesures prises pour y remédier, les marées vertes, le phytoplancton toxique et la toxicologie. Une quarantaine d'interventions ont ainsi été effectuées et deux visites de l'IUEM ont également été organisées pour les élèves de l'Institut Rural de Rumengol et du lycée JM Le Bris à Douarnenez. Une assemblée bilan s'est déroulée à l'IUEM le 14 décembre 1999 avec les élèves et les bénévoles ayant participé au réseau Ecoflux de façon à leur présenter les principaux résultats (une centaine de délégués d'élèves ont participé à cette réunion).

V - Premier bilan d'activités pour l'an 2000

1- Objectifs:

Le réseau baptisé **ECOFLUX** a pour objectif le suivi de la qualité des eaux fluviales et il a permis :

- **de pallier au manque de données** portant sur la variabilité temporelle des concentrations de nitrates, phosphates et silicates dans les cours d'eau finistériens,

- **de mieux connaître les flux de nutriments** pouvant être à l'origine des marées vertes en relation avec le programme de lutte contre les algues vertes du Conseil Général du Finistère,

- **de sensibiliser les jeunes et la population** à la nécessité d'un suivi permanent de la qualité de leur environnement aquatique et de développer chez les jeunes le sens du travail en équipe en même temps que l'initiative individuelle.

2- Fonctionnement du réseau:

L'action Ecoflux se poursuit en l'an 2000 sur 13 rivières, qui alimentent des zones sensibles pour le développement de marées vertes ou d'espèces phytoplanctoniques toxiques, soit du Nord au Sud du département: le Dourduff, le Dossen, la Penzé, le Guillec, la Flèche, le Quillimadec, l'Elorn, la Douffine, l'Aulne, le Kerharo, le Lopic, le Ris et le Saint Laurent (cf figure 14).

D'avril à juin 2000, 4 établissements scolaires (d'enseignement agricole ou général, public ou privé) surveillaient les 4 cours d'eau suivant, échantillonnés en un point précis: le Dourduff, le Dossen, le Quillimadec et la Douffine. Le tableau 16-a récapitule les établissements participant.

Les 9 autres sites Ecoflux ont été suivis par des bénévoles. Ils ont continué à prélever pendant les vacances scolaires. La liste des bénévoles figure dans le tableau 17.

Pour la nouvelle année scolaire une présentation du Réseau Ecoflux, des résultats de 1998 et 1999 ainsi qu'une sortie sur le terrain, présentant le point précis de prélèvement et le protocole de prélèvement à appliquer, a été un premier contact avec les nouveaux élèves (de classes de cinquième, de terminale et de BTS) (voir tableau 16-b). Il a déjà été programmé des visites de l'IUEM et des exposés-débats sur la question des marées vertes, le phytoplancton toxique ...

La collecte des échantillons de phosphates et de silicates est assurée par la coordinatrice du Réseau Ecoflux. L'analyse de ces échantillons se fait à l'IUEM.

Les échantillons de nitrates sont récupérés par les collecteurs du Laboratoire Vétérinaire Départemental à Quimper, où ils sont ensuite analysés.

3- Résultats:

Les prélèvements ont débuté au début du mois d'avril 2000. L'interprétation des résultats pourra se faire lorsque toutes les données seront connues.

Pour ces premiers résultats, en l'an 2000 des concentrations similaires par rapport 1999 sont obtenues, sur une même période d'étude d'avril à septembre (voir tableaux 18-a, 19-a, 20-a).

Ainsi les concentrations en **nitrates** en 2000 sont plus faibles à l'ouest et au sud du département. Le site affichant la concentration maximale est de nouveau le Guillec avec $113 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ (voir tableau 18-b).

Le Département du Finistère est également divisé en deux zones pour les **phosphates**, les concentrations les plus élevées étant rencontrées dans le nord (voir tableau 19-b).

Les mêmes tendances qu'en 1999 sont également observées pour les **silicates**. Le Quillimadec affiche encore le maximum avec $16,9 \text{ mg SiO}_2 \text{ l}^{-1}$. La plus faible concentration est de nouveau obtenue dans l'Aulne, $2,3 \text{ mg SiO}_2 \text{ l}^{-1}$ (voir tableau 20-b).

**Tableau 16- a: Récapitulatif des établissements scolaires
et des rivières ECOFLUX**

L.E.G.T.A. de Suscinio, Morlaix	Le Dourduff (D46)
M.F.R. de Morlaix	Le Dossen (Port de Plaisance, Morlaix)
I.R. de Lesneven	Le Quillimadec (D125, aire de repos)
L.A.P. Le Nivot, Lopérec	La Douffine (D770, Pont neuf)

L.A.P. : Lycée Agricole Privé

M.F.R. : Maison Familiale Rurale

I.R. : Institut Rural

L.E.G.T.A.: Lycée d'Enseignement Général et Technologique Agricole et Aquacole

**Tableau 16- b: Récapitulatif des établissements scolaires
et des rivières ECOFLUX**

L.E.G.T.A. de Suscinio, Morlaix	Le Dourduff (D46)
M.F.R. de Morlaix	Le Dossen (Port de Plaisance, Morlaix)
I.R. de Lesneven	Le Quillimadec (D125, aire de repos)
Collège Saint Joseph, Landerneau	L'Elorn, rue des Ecosais, Landerneau)
L.A.P. Le Nivot, Lopérec	La Douffine (D770, Pont neuf)
L.E.G.T.A. de Châteaulin	L'Aulne (Centre Ville de Châteaulin, pont routier)
Lycée public de Douarnenez	Le Ris (entre Kerstrat et Mescalet)
L.E.G.T.A. de Bréhoulou, Fouesnant	Le Saint Laurent (Beg Menez)

L.A.P. : Lycée Agricole Privé

M.F.R. : Maison Familiale Rurale

I.R. : Institut Rural

L.E.G.T.A. : Lycée d'Enseignement Général et Technologique Agricole et Aquacole

**Tableau 17 : Récapitulatif des bénévoles
et des rivières ECOFLUX**

Dourduff	Anne BURHIS et J.P. TALLEC 27 route du Dourduff 29252 Plouézoc'h 02 98 67 23 93	
Dossen	Pierre GELIFIER Place de l'ancien lycée 29600 Morlaix 02 98 15 15 17	SIVOM de Morlaix
Penzé	Guy DERRIENIC Kerinec Creis 29600 Carantec 02 98 67 06 02	Membre d'Eau et Rivières de Bretagne
Guillec	Pierre GELIFIER	SIVOM de Morlaix
Flèche	Rodolph BRETON 9 rue Tanguy Malmanche 29860 Plabennec 02 98 40 70 67	APPMA du Pays des Abers
Quillimadec	idem	
Elorn	Mr LE MAOUT Moulin Vergraon 29450 Sizun 02 98 68 85 08	APPMA de l'Elorn
Douffine	Gaëlle LORVELLEC 02 98 49 86 63	IUEM
Aulne	Jacques LE DOARE 4 rue de Kerlobret 29150 Châteaulin 02 98 86 00 14	APPMA de Châteaulin
Kerharo	Mr ARAN Ty An Quer 29550 Ploéven 02 98 81 28 62	
Lapic	Louis et Marie-Thérèse LE MEUR Trefeuntec 29550 Plonévez-Porzay 02 98 92 52 86	
Ris	Jacques GARREC Gorré Selliou 29580 Rosnoën 06 81 20 95 76	APPMA de Douarnenez
Saint Laurent	Patricia Chaquin Kerambris 29170 Fouesnant 02 98 51 64 12	Communauté de Communes du Pays Fouesnantais

Tableau 18-a : Comparaison entre 1999 et 2000 des concentrations moyennes en nitrates dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux (d'avril à septembre)

<i>Rivière</i>	<i>Moyenne mg NO₃ t⁻¹ 1999</i>	<i>Moyenne mg NO₃ t⁻¹ 2000</i>
<i>Dourduff</i>	45.95	43.2
<i>Dossen</i>	35.5	30.5
<i>Penzé</i>	64.7	60
<i>Guillec</i>	104.75	92.4
<i>Flèche</i>	72.4	72.2
<i>Quillimadec</i>	61.1	60.2
<i>Elorn</i>		
<i>Douffine</i>	20.96	20.8
<i>Aulne</i>	24.56	27.7
<i>Kerharo</i>	40.12	40
<i>Lapic</i>	52.7	51.3
<i>Ris</i>	38.1	36.3
<i>St Laurent</i>	45.7	45.4

Tableau 18-b : Concentrations en nitrates maximales, minimales et moyennes dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>Rivière</i>	<i>nombre d'échantillons analysés</i>	<i>Maximum mg NO3 l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Minimum mg NO3 l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne mg NO3 l⁻¹</i>
<i>Dourduff</i>	21	56	24/08/00	16	5/07/00	43.2
<i>Dossen</i>	8	35	19/06/00	25	24/05/00	30.5
<i>Penzé</i>	18	69	24/08/00	47	12/04/00	60
<i>Guillec</i>	14	113	28/07/00	43	12/05/00	92.4
<i>Flèche</i>	20	89	22/08/00	44	31/05/00	72.2
<i>Quillimadec</i>	19	72	1/08/00	39	24/05/00	60.2
<i>Elorn</i>						
<i>Douffine</i>	20	27	1/07/00	17	5/04/00	20.8
<i>Aulne</i>	16	36	3/05/00	20	15/07/00	27.7
<i>Kerharo</i>	14	49	3/05/00	19	16/08/00	40
<i>Lapic</i>	11	58	19/06/00	29	30/05/00	51.3
<i>Ris</i>	6	42	14/04/00	24	23/04/00	36.3
<i>St Laurent</i>	10	50	27/06/00	38	31/05/00	45.4

Tableau 19-a : Comparaison entre 1999 et 2000 des concentrations moyennes en phosphates dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux (d'avril à septembre)

<i>Rivière</i>	<i>Moyenne mg P l⁻¹ 1999</i>	<i>Moyenne mg P l⁻¹ 2000</i>
<i>Dourduff</i>	0.094	0.08
<i>Dossen</i>	0.11	0.16
<i>Penzé</i>	0.18	0.14
<i>Guillec</i>	0.14	0.17
<i>Flèche</i>	0.083	0.13
<i>Quillimad ec</i>	0.15	0.12
<i>Elorn</i>	0.15	0.08
<i>Douffine</i>	0.14	0.1
<i>Aulne</i>	0.014	0.015
<i>Kerharo</i>	0.043	0.029
<i>Lapic</i>	0.18	0.082
<i>Ris</i>	0.036	0.018
<i>St Laurent</i>	0.013	0.01

Tableau 19-b: Concentrations en phosphates maximales, minimales et moyennes dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>Rivière</i>	<i>nombre d'échantillons analysés</i>	<i>Maximum mg P l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Minimum mg P l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne mg P l⁻¹</i>
<i>Dourduff</i>	21	0.12	12/09/00	0.04	12/04/00	0.08
<i>Dossen</i>	11	0.25	23/08/00	0.07	21/04/00	0.16
<i>Penzé</i>	19	0.3	31/08/00	0.06	25/04/00	0.14
<i>Guillec</i>	18	0.25	21/08/00	0.07	18/07/00	0.17
<i>Flèche</i>	19	0.78	9/05/00	0.05	27/06/00	0.13
<i>Quillimadec</i>	26	0.21	12/05/00	0.06	3/05/00	0.12
<i>Elorn</i>	16	0.2	10/08/00	0.02	18/06/00	0.08
<i>Douffine</i>	24	0.24	13/09/00	0.02	18/04/00	0.1
<i>Aulne</i>	20	0.033	15/07/00	0.006	3/05/00	0.015
<i>Kerharo</i>	15	0.065	23/08/00	0.004	14/04/00	0.029
<i>Lapic</i>	21	0.16	5/09/00	0.023	5/06/00	0.082
<i>Ris</i>	8	0.026	31/05/00	0.008	14/04/00	0.018
<i>St Laurent</i>	15	0.014	6/09/00	0.007	22/04/00	0.01

Tableau 20-a : Comparaison entre 1999 et 2000 des concentrations moyennes en silicates dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux (d'avril à septembre)

<i>Rivière</i>	<i>Moyenne mg SiO₂ l⁻¹ 1999</i>	<i>Moyenne mg SiO₂ l⁻¹ 2000</i>
<i>Dourduff</i>	13.3	12.5
<i>Dossen</i>	12.4	11.6
<i>Penzé</i>	12.64	12.2
<i>Guillec</i>	13.3	13.4
<i>Flèche</i>	12.7	14.3
<i>Quillimadec</i>	15.25	14.8
<i>Elorn</i>	9.71	9.2
<i>Douffine</i>	5.34	5.5
<i>Aulne</i>	5.66	7.22
<i>Kerharo</i>	9.58	9
<i>Lapic</i>	10.78	11.1
<i>Ris</i>	13.06	14.6
<i>St Laurent</i>	11.9	12

Tableau 20-b : Concentrations en silicates maximales, minimales et moyennes dans les rivières suivies par le réseau Ecoflux

<i>Rivière</i>	<i>nombre d'échantillons analysés</i>	<i>Maximum mg SiO₂ l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Minimum mg SiO₂ l⁻¹</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne mg SiO₂ l⁻¹</i>
<i>Dourduff</i>	17	13.9	2/08/00	8.7	5/07/00	12.5
<i>Dossen</i>	7	13.6	4/08/00	10.3	21/04/00	11.6
<i>Penzé</i>	14	13.2	3/07/00	10.5	12/04/00	12.2
<i>Guillec</i>	14	15	28/07/00	9	12/05/00	13.4
<i>Flèche</i>	14	16.3	18/07/00	11.3	18/04/00	14.3
<i>Quillimadec</i>	15	16.9	18/07/00	11.6	31/05/00	14.8
<i>Elorn</i>	12	10.7	13/07/00	5.8	20/04/00	9.2
<i>Douffine</i>	18	6.2	10/08/00	4.7	18/04/00	5.5
<i>Aulne</i>	16	14.4	3/08/00	2.3	5/07/00	7.22
<i>Kerharo</i>	14	10.5	4/07/00	5.7	14/04/00	9
<i>Lapic</i>	16	11.9	22/07/00	7.69	30/05/00	11.1
<i>Ris</i>	7	16.2	7/08/00	13.5	23/04/00	14.6
<i>St Laurent</i>	11	12.8	7/08/00	11.6	10/05/00	12

Conclusion

Le réseau Ecoflux a bien fonctionné pour la majorité des rivières et les établissements scolaires qui s'y sont engagés se sont réellement impliqués.

La variabilité des concentrations des différentes espèces chimiques : nitrates, phosphates et silicates selon les bassins versants a été quantifiée. Plusieurs facteurs influent sur cette variabilité :

- les conditions météorologiques,
- la géologie du bassin versant et sa perméabilité,
- l'activité biologique des milieux,
- les activités économiques présentes sur le bassin versant.

L'opération Ecoflux se poursuit en l'an 2000 sur 13 rivières qui alimentent des zones sensibles pour le développement de marées vertes ou d'espèces phytoplanctoniques toxiques.

Sur 7 d'entre elles des mesures de débits sont effectuées par le Service Hydrologique Centralisateur à Nantes ou par la DIREN (le Dourduff, le Dossen, la Penzé, le Guillec, l'Elorn, la Douffine et l'Aulne) mais pour les autres l'inexistence de données de débits ne permettra pas le calcul de flux (la Flèche, le Quillimadec, le Kerharo, le Lapic, le Ris et le Saint-Laurent). Pour ces rivières il paraît tout de même intéressant de continuer à suivre les variations de nitrates compte tenu de l'importance des sites à marées vertes alimentés par ces rivières (la grève de Goulven, l'anse de Guissény, la baie de Douarnenez et la baie de Concarneau-La Forêt).

L'opération "Ecoflux 2000" comprend également la poursuite de l'effort en matière de :

- pédagogie,
- prévention en formant et en informant les futurs agriculteurs,
- observation sur le milieu maritime.

