



## **Le Réseau ECOFLUX**

**Convention entre l'IUEM-UBO  
et le Conseil Général du Finistère**



**Rapport annuel janvier 2005**

**Morgane Maguer et Paul Tréguer**

**Brest, le 31 janvier 2005**

## SOMMAIRE

|             |   |          |
|-------------|---|----------|
| <b>I.</b>   | <b>PRESENTATION DU RESEAU</b>                       | <b>3</b> |
| I.1.        | RAPPEL DES OBJECTIFS .....                          | 3        |
| I.2.        | LES RIVIERES SUIVIES PAR LE RESEAU.....             | 4        |
| I.3.        | LES ACTEURS DU RESEAU.....                          | 5        |
| <b>II.</b>  | <b>ACTIONS PEDAGOGIQUES ET COMMUNICATION</b>        | <b>6</b> |
| II.1.       | ACTIONS PEDAGOGIQUES.....                           | 6        |
| II.2.       | CESSION DE DONNEES .....                            | 6        |
| <b>III.</b> | <b>RESULTATS SCIENTIFIQUES</b>                      | <b>8</b> |
| III.1.      | LES NITRATES .....                                  | 8        |
| III.1.1.    | <i>Concentrations en nitrates</i> .....             | 9        |
| III.1.1.1   | Concentrations moyennes annuelles et évolution..... | 9        |
| III.1.1.2   | Le classement SEQ-eau.....                          | 10       |
| III.1.1.3   | Variations hebdomadaires et saisonnières.....       | 12       |
| III.1.2.    | <i>Flux de nitrates</i> .....                       | 16       |
| III.1.2.1   | Flux moyens et évolution.....                       | 17       |
| III.1.2.2   | Variations mensuelles des flux de nitrates .....    | 18       |
| III.2.      | LES SILICATES .....                                 | 21       |
| III.2.1.    | <i>Concentrations en silicates</i> .....            | 21       |
| III.2.1.1   | Concentrations moyennes annuelles et évolution..... | 21       |
| III.2.1.2   | Le classement SEQ-eau.....                          | 23       |
| III.2.1.3   | Variations hebdomadaires et saisonnières.....       | 23       |
| III.2.2.    | <i>Flux de silicates</i> .....                      | 27       |
| III.2.2.1   | Flux moyens annuels et évolution.....               | 27       |
| III.2.2.2   | Variations des flux .....                           | 28       |
| III.3.      | LES PHOSPHATES .....                                | 31       |
| III.3.1.    | <i>Concentrations en phosphates</i> .....           | 32       |
| III.3.1.1   | Concentrations moyennes annuelles et évolution..... | 32       |
| III.3.1.2   | Le classement SEQ-eau.....                          | 33       |
| III.3.1.3   | Variations hebdomadaires et saisonnières.....       | 34       |
| III.3.2.    | <i>Flux de phosphates</i> .....                     | 37       |
| III.3.2.1   | Flux moyens annuels et évolution.....               | 37       |
| III.3.2.2   | Variations des flux .....                           | 38       |
| III.4.      | CONCLUSION .....                                    | 40       |

## Annexes

## Résumé

Depuis l'automne 1998, le Réseau ECOFLUX a entre autres pour mission de participer à la sensibilisation du public et en particulier des jeunes, à la nécessité de protéger la ressource aquatique, mission réalisée au moyen d'interventions dans les classes, de conférence de presse, d'articles, de l'Internet...

Grâce à l'implication des élèves et professeurs d'établissements scolaires et d'une quinzaine de bénévoles qui réalisent les prélèvements, le réseau a acquis de nombreuses données et permet de décrire la variabilité, à l'échelle hebdomadaire, saisonnière et interannuelle, des concentrations de sels nutritifs (nitrates, phosphates, silicates) de treize fleuves représentatifs du Finistère en terme géologique mais également économique. En effet, dans un précédent rapport (janvier 2004) où nous décrivions succinctement pour chaque bassin versant les activités humaines présentes (agriculture, industrie, urbanisme, piscicultures...), nous avons pu mettre en évidence le caractère original de chacun d'entre eux.

L'ensemble des données acquises par le Réseau ECOFLUX est regroupé au sein d'une base de données accessible par tous (particuliers, scientifiques, collectivités...). Y sont ajoutées les précipitations enregistrées par Météo France pour cinq stations météorologiques proches des embouchures des différents cours d'eau suivis ainsi que les mesures de débit réalisées par la DIREN sur sept rivières suivies (Dourduff, Dossen, Penzé, Guillec, Elorn, Douffine, Aulne) permettant ainsi l'estimation des flux de nitrates, phosphates et silicates parvenant dans les zones littorales où ils se déversent.

L'objet du présent rapport est de présenter l'ensemble des résultats acquis depuis la création du réseau ECOFLUX afin de décrire les évolutions de la qualité de l'eau des treize rivières suivies depuis 1998.

## I. PRESENTATION DU RESEAU

### I.1. RAPPEL DES OBJECTIFS

Les objectifs visés pour l'année 2004 sont les suivants :

- *En premier lieu, sensibiliser les élèves de six établissements de formation finistériens, notamment les élèves de 1ère STAE d'établissement de formation agricole, à la dégradation de la qualité de nos cours d'eau et à l'eutrophisation de certaines zones littorales, en les impliquant dans un suivi des rivières de leur voisinage*
- *Connaître les concentrations de nitrates, phosphates et silicates au débouché des 13 cours d'eau suivants : la Flèche, le Quillimadec, le Kerharo, le Lopic, le Ris, le Saint Laurent, le Dourduff, le Dossen, la Penzé, le Guillec, l'Elorn, la Douffine et l'Aulne ; connaître les flux de nitrates, de phosphate et de silicates se déversant au débouché des 7 cours d'eau suivants : le Dourduff, le Dossen, la Penzé, le Guillec, l'Elorn, la Douffine et l'Aulne*
- *Interpréter et présenter ces données de façon synthétique pour une mise à disposition sur internet. (voir Site Internet : <http://www.univ-brest.fr/IUEM>).*
- *Apporter des données complémentaires nécessaires à la compréhension des mécanismes de développement des marées vertes. Les données fournies par les établissements scolaires viendront abonder les bases de données existantes du Conseil Général et des organismes de recherche.*

(...)

*Cette mission comprendra également des actions d'information, en liaison avec le Conseil Général, auprès des établissements scolaires partenaires du réseau mis en place. En outre, une opération de communication IUEM/UBO – Conseil Général dirigée vers les médias sera organisée en 2003. (Voir chapitre II)*

## **I.2. LES RIVIERES SUIVIES PAR LE RESEAU**

Depuis 2000, le réseau ECOFLUX surveille la qualité de l'eau de treize fleuves finistériens (figure 1).



Figure 1. Fleuves suivis par le réseau ECOFLUX

Pour chaque rivière, des prélèvements sont réalisés chaque semaine en un point précis (tableau 1).

| Rivières         | Points de prélèvement         |
|------------------|-------------------------------|
| Le Dourduff      | D 46                          |
| Le Dossen        | Port de plaisance de Morlaix  |
| La Penzé         | Le Merdy, Penzé               |
| Le Guillec       | D10 à Saint Jacques           |
| La Flèche        | D129 à Lanvrein, Tréfléz      |
| Le Quillimadec   | D 125, aire de repos          |
| L'Elorn          | Rue des écossais à Landerneau |
| La Douffine      | D 770 à Pont Neuf             |
| L'Aulne          | Centre ville de Châteaulin    |
| Le Kerharo       | Plage de Kerviguen            |
| Le Lopic         | Tréfeuntec                    |
| Le Ris           | Entre Kerstrat et Mescalet    |
| Le Saint Laurent | Beg Menez, La Forêt Fouesnant |

Tableau 1. Point de prélèvement pour chacune des rivières

### I.3. LES ACTEURS DU RESEAU

Subventionné en majorité par le Conseil Général et coordonné par l'IUEM, le réseau fonctionne grâce à des établissements scolaires et des bénévoles (tableau 2) qui, tout au long de l'année, se relaient pour effectuer les prélèvements sur les treize rivières suivies.

| Rivières         | Etablissements réalisant les prélèvements | Bénévoles réalisant les prélèvements  |
|------------------|---|---|
| Le Dourduff      | L.E.G.T.A. de Suscinio, Ploujean          | M. LACHUER, Plourin lès Morlaix<br>M. JALLIFIER, Morlaix, <b>SIVOM de Morlaix</b> |
| Le Dossen        | M.F.R. de Morlaix                         |   |
| La Penzé         | /   | M. DERRIENNIC, Carantec   |
| Le Guillec       | /   | M. BERROU, Plougoulm ( <b>Mairie de Plougoulm</b> ) - M. LECOAT, Sibiril          |
| La Flèche        | /   | M. PERON, Goulven   |
| Le Quillimadec   | Institut Rural de Lesneven                | Mme LE GAD, Lesneven ( <b>Communauté de Communes de Lesneven</b> )                |
| L'Elorn          | /   | M. MESCAM, Daoulas  |
| La Douffine      | L.A.P. Le Nivot, Lopérec                  | M. HERVE, Pont de Buis ( <b>APPMA de la Douffine</b> )                            |
| L'Aulne          | L.E.G.T.A. de Châteaulin                  | M. LE DOARE, Châteaulin ( <b>APPMA de Châteaulin</b> )                            |
| Le Kerharo       | /   | Mme LAUNAY, Ploeven   |
| Le Lopic         | /   | M. et Mme LE MEUR, Plonévez Porzay  |
| Le Ris           | /   | M. GUICHAOUA, Le Juch   |
| Le Saint Laurent | /   | Mlle NEDELLEC, Fouesnant<br>( <b>CEMPAMA de Beg Meil</b> )                        |

Tableau 2. Récapitulatif des établissements scolaires et des bénévoles associés au réseau

## II. ACTIONS PEDAGOGIQUES ET COMMUNICATION

### II.1. ACTIONS PEDAGOGIQUES

Au cours de l'année 2004, différentes interventions ont eu lieu auprès des élèves réalisant les prélèvements ainsi qu'auprès d'élèves d'autres établissements (tableau 3).

| Actions pédagogiques en 2004 |  |
|------------------------------|--|
| 18/03/2004                   | Présentation du Réseau ECOFLUX, généralités sur le thème de la qualité des eaux - Groupe d'adultes en formation à la MFR de Landivisiau        |
| 04/05/2004                   | Réunion - bilan ECOFLUX à Océanopolis - présence d'élèves de la MFR de Morlaix, du LEGTA de Suscinio, de l'IREO de Lesneven et du LAP Le Nivot |
| 14/09/2004                   | Présentation du réseau aux élèves de la MFR de Morlaix, pollutions du milieu aquatique - sortie sur le terrain                                 |
| 16/09/2004                   | Présentation du réseau aux élèves du LEGTA de Suscinio, généralités sur le thème de la qualité des eaux  |
| 22/09/2004                   | Présentation du réseau et des résultats aux élèves du LAP Le Nivot, les pollutions du milieu aquatique - sortie sur le terrain                 |
| 05/10/2004                   | Présentation du réseau et des résultats aux élèves de l'IREO de Lesneven, les pollutions du milieu aquatique                                   |
| 02/12/2004                   | Présentation du réseau aux élèves du Lycée de l'Elorn, généralités sur le thème de la qualité de l'eau, les marées vertes                      |

Tableau 3. Récapitulatif des réalisées au cours de l'année 2004 dans le cadre du réseau ECOFLUX

Le mardi 4 mai 2004, une réunion a été organisée à Océanopolis à l'intention des bénévoles et des élèves des établissements scolaires associés au réseau. Cette réunion a été l'occasion, pour les personnes présentes, de prendre connaissance des derniers résultats, mais également de visiter Océanopolis. Environ 100 personnes étaient au rendez-vous : 4 classes (LEGTA de Suscinio, IREO de Lesneven, MFR de Morlaix et LAP Le Nivot), M. Hervé accompagnés de deux personnes, Mme Le Gad et Pierre Mollo. Quatre journalistes (Télégramme, Le Courrier du Léon, France Bleue Breiz Izel et RCF rivages) étaient également présents (cf. articles en annexe). Une interview a dans ce cadre également été donnée le lendemain à Ouest France.

### II.2. CESSIION DE DONNEES

L'ensemble des demandes de cession de données faites au réseau ECOFLUX est présenté dans le tableau 4. On notera que le nombre de demande de cession de données se maintient depuis 3 ans.

| Organisme   | Nom                    | Statut                           | Date       | Rivière(s) concernée(s)   |
|---|------------------------|----------------------------------|------------|---|
| Communauté de communes du Pays Fouesnantais               | Lefebve Morgane        | Coordinatrice BV Lesnevard       | 26/01/2004 | Saint Laurent   |
| IUEM  | Dham Vivek             | Post doctorant                   | 03/03/2004 | Penzé Dossen  |
| Communauté de communes du Pays de Châteaulin et du Porzay | Boishus Alida          | Coordinatrice BV                 | 10/05/2004 | Kerharo, Lapic  |
| Communauté de communes de Lesneven                        | Le Gad Emmanuelle      | Animatrice BV                    | 10/05/2004 | Quillimadec   |
| IFREMER   | Monfort Patrick        | Cadre de recherche               | 13/05/2004 | Toutes les rivières   |
| Pisciculture de Lescoat                                   | Jaffres Dominique      | Pisciculteur                     | 17/05/2004 | Flèche, Quillimadec   |
| Agence de l'Eau Loire Bretagne                            | Craipeau Fabrice       | Attaché technique d'intervention | 09/08/2004 | Dourduff, Dossen, Penzé, Guillec, Quillimadec, Elorn, Aulne, Ris, Saint Laurent |
| Communauté de communes de Lesneven                        | Le Gad Emmanuelle      | Animatrice BV                    | 15/09/2004 | Quillimadec   |
| Coopérative des éleveurs de porcs du Léon et du Tréguier  | Thomas Chrystèle       | Technicienne environnement       | 20/09/2004 | Penzé   |
| Apave Nord Ouest  | Senant Christophe      | Consultant environnement         | 20/09/2004 | Penzé   |
| ENSAR   | Arousseau Pierre       | Chercheur                        | 21/10/2004 | Aulne, Elorn  |
| IUEM  | Ragueneau Olivier      | Chercheur                        | 12/11/2004 | Aulne, Elorn  |
| IFREMER   | Guillaud Jean-François | Chef de projet                   | 15/12/2004 | Toutes les rivières   |

Tableau 4. Récapitulatif des demandes de cession de données faites au cours de l'année 2004



### **III. RESULTATS SCIENTIFIQUES**

L'annexe II présente les données brutes acquises depuis janvier 2004. L'objet de ce chapitre est de mettre en évidence les tendances générales et les résultats marquants. L'année 2000 étant incomplète, l'étude portera essentiellement sur les années 1999 et 2001 à 2004. A noter que pendant l'année 2004, le suivi de la rivière « le Guillec » a été interrompu pendant plusieurs semaines, et ce de façon discontinue ; certains paramètres n'ont donc pas pu être exploités.

Les données obtenues par le réseau ECOFLUX permettent de mettre en évidence les variations des concentrations et des flux des éléments suivis d'une rivière à l'autre d'une part, et d'une semaine, d'une saison ou d'une année sur l'autre d'autre part. Les causes de ces variations sont connues, elles sont dues :

- aux différences de la géologie des bassins versants et de la constitution du sol (perméabilité du sol, pente, nature de la roche, importance des réserves souterraines...),
- aux activités économiques (agriculture mais aussi urbanisme, tourisme piscicultures ou encore industries),
- et aux variations climatiques et en particulier à celles de la pluviométrie : les précipitations efficaces déterminent les débits fluviaux ainsi que l'intensité du lessivage des sols.

Ainsi, chaque rivière suivie est alimentée par un bassin versant ayant des caractéristiques géologiques et économiques particulières. Pierre WATREMEZ avait par ailleurs défini trois catégories de bassins versants parmi les rivières suivies par le réseau ECOFLUX :

- les rivières dont le bassin versant a des réserves souterraines importantes : le Dourduff, le Dossen, le Guillec, le Quillimadec, la Flèche, le Ris et le Saint Laurent ;
- les rivières dont le bassin versant a des réserves souterraines faibles : l'Aulne, la Douffine, le Lopic et le Kerharo,
- les rivières dont le bassin versant a des réserves souterraines intermédiaires : l'Elorn et la Penzé.

#### **III.1. LES NITRATES**

Le nitrate est une forme chimique particulièrement soluble dans l'eau. Il quitte le sol via les eaux de percolation puis est principalement véhiculé par les eaux souterraines. Le ruissellement superficiel peut également être vecteur de nitrates. Ces apports ont diverses conséquences sur la teneur en élément dans une rivière, à savoir qu'elles peuvent selon leur importance être source d'une dilution ou d'une concentration de l'élément dans la rivière. Les variations hydrologiques saisonnières (variations des précipitations), couplées aux processus biologiques (consommation, minéralisation, dénitrification) ainsi qu'aux sources diffuses ou ponctuelles de nitrates dans le bassin versant rendent les transferts discontinus dans le temps. On distingue quatre types de période caractéristiques des variations de concentrations : la

crue, le cycle annuel, les variations interannuelles de quelques années et les grandes tendances sur quelques décennies (C. Gascuel-Oudoux et al, 2004). Les données collectées par le réseau ECOFLUX permettent essentiellement l'étude du 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> types de période caractéristique. Dans un premier temps, nous tenterons donc d'établir les variations interannuelles observées depuis 1998, ainsi que les variations saisonnières des teneurs en nitrates sur les treize rivières suivies.

Par ailleurs, on sait que l'impact des éléments nutritifs dans un écosystème (par exemple en zone littorale) est essentiellement déterminé, non pas par la concentration de l'élément dans l'eau, mais surtout par le flux d'élément amené et ce, surtout pendant une période plus sujette au phénomène (Aurousseau, 2003) : les flux d'azote sont déterminés plus par les débits que par les concentrations de l'élément dans la rivière. Ainsi, les proliférations d'algues vertes sont conditionnées en partie par les flux d'azote parvenant pendant la période de mai à septembre (J.-Y. Piriou et P. Souchu, 2001 in Rapport IFREMER). Dans un deuxième temps, nous établirons donc les variations interannuelles et mensuelles des flux de nitrates depuis 1998 pour sept des treize rivières suivies par le réseau ECOFLUX.

### III.1.1. CONCENTRATIONS EN NITRATES

#### III.1.1.1 Concentrations moyennes annuelles et évolution

Les variations interannuelles sont dues à la variabilité climatique (précipitations, température, ensoleillement...) d'une part et à la variabilité des activités humaines, notamment agricoles, qui conjointement vont conditionner les entrées et les stockages de nitrates, tant dans le sol que dans la nappe phréatique.

Le tableau 5 et la figure 2 présentent les concentrations moyennes annuelles en nitrates pour chaque année complète en terme de suivi. L'annexe III présente également les résultats de tests statistiques effectués sur les concentrations moyennes annuelles en nitrates.

|             | 1999              |            | 2001              |            | 2002              |            | 2003              |            | 2004              |            |
|-------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
|             | Moyenne (mgNO3/l) | Ecart type | Moyenne (mgNO3/l) | Ecart type | Moyenne (mgNO3/l) | Ecart type | Moyenne (mgNO3/l) | Ecart type | Moyenne (mgNO3/l) | Ecart type |
| Dourduff    | 44,6              | 8,8        | 42,8              | 8,1        | 37,3              | 8,9        | 37,6              | 7,1        | 37,5              | 5,0        |
| Dossen      | 31,1              | 6,5        | 33,2              | 12,2       | 25,3              | 6,7        | 27,6              | 4,3        | 28,1              | 2,6        |
| Penzé       | 58,2              | 12,9       | 60,0              | 15,6       | 47,1              | 8,2        | 50,8              | 6,9        | 48,4              | 7,6        |
| Guillec     | 91,3              | 21,9       | 93,1              | 19,9       | 81,1              | 18,5       | 88,6              | 9,5        | /                 | /          |
| Flèche      | 71,1              | 15,3       | 69,0              | 16,0       | 62,2              | 14,7       | 65,0              | 10,9       | 59,4              | 15,2       |
| Quillimadec | 58,3              | 12,2       | 57,0              | 14,2       | 52,4              | 12,4       | 56,5              | 8,4        | 51,3              | 12,4       |
| Elorn       | 39,3              | 6,4        | 35,0              | 6,4        | 32,8              | 4,5        | 35,0              | 7,0        | 35,0              | 4,7        |
| Douffine    | 22,7              | 5,2        | 18,9              | 4,3        | 18,5              | 3,6        | 18,2              | 3,4        | 20,0              | 4,4        |
| Aulne       | 27,1              | 9,8        | 19,3              | 7,7        | 20,9              | 7,0        | 17,6              | 10,3       | 23,0              | 8,2        |
| Kerharo     | 39,0              | 6,3        | 34,9              | 9,5        | 34,7              | 6,6        | 31,5              | 9,3        | 33,5              | 7,5        |
| Lapic       | 48,5              | 9,1        | 47,7              | 7,1        | 46,1              | 4,9        | 40,0              | 10,4       | 43,0              | 8,8        |
| Ris         | 39,5              | 7,4        | 37,5              | 4,7        | 33,7              | 4,4        | 35,7              | 3,6        | 35,5              | 2,9        |
| St Laurent  | 45,1              | 7,3        | 42,5              | 5,8        | 40,7              | 5,4        | 39,8              | 4,9        | 35,3              | 6,3        |

Tableau 5. Moyennes annuelles et écart-type des concentrations en nitrates

## Moyennes annuelles en nitrates des 13 rivières

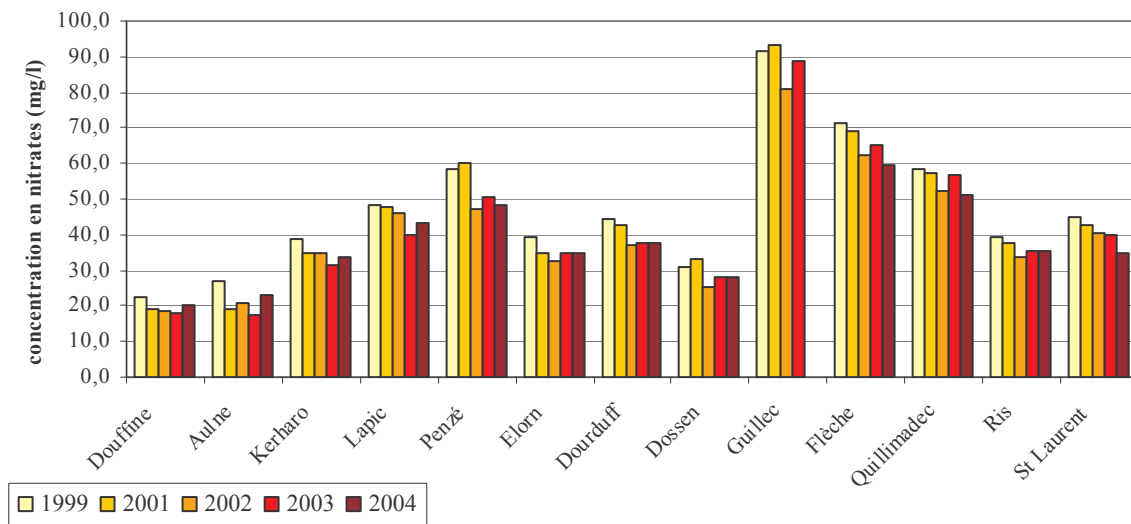


Figure 2. Moyennes annuelles des concentrations en nitrates des rivières suivies

Trois groupes de rivières se détachent : les rivières dont les moyennes annuelles sont inférieures à 25 mg/l (Douffine et Aulne), les rivières dont les moyennes sont supérieures à 50 mg/l (Guillec, Flèche et Quillimadec) et les rivières dont les concentrations sont intermédiaires. On pourra noter que la Penzé, qui faisait partie l'année dernière du groupe dont la moyenne est supérieure à 50 mg/l est passée en 2004 dans le groupe intermédiaire.

Les rivières présentant les concentrations les plus élevées en nitrate sont soumises à une pression azotée due aux élevages agricoles. Ils restent importants dans le Nord Finistère et expliquent ces résultats. Toutefois, les réserves souterraines influencent également les teneurs en nitrates dans les rivières. Les concentrations moyennes en nitrates peuvent donc varier du simple au double d'une rivière à l'autre. On notera que les rivières appartenant à la catégorie des réserves souterraines faibles ont tendance à avoir des concentrations moyennes annuelles en nitrates inférieures à celles dont les réserves souterraines sont importantes, excepté le Lapic (annexe IV).

Par ailleurs, les tests statistiques réalisés afin de déterminer quelles étaient les moyennes annuelles analogues pour chacune des rivières montrent que deux groupes de moyennes annuelles peuvent être faits : 1999/2001 et 2002/2003/2004, et ce pour la majorité des rivières suivies (Dourduff, Dossen, Penzé, Ris, Saint Laurent...).

On notera que pour les rivières à faibles réserves souterraines, les concentrations en nitrates ont légèrement augmenté entre 2003 et 2004 (groupes différents lors des tests statistiques) cependant la tendance générale reste à la baisse des concentrations en nitrates depuis 1999.

### III.1.1.2 Le classement SEQ-eau

La figure 3 présente les classements SEQ-eau (Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau) établis en 1999, 2001, 2002, 2003 et 2004 pour le paramètre nitrates d'après les résultats obtenus pour les prélèvements. La flèche indique la classe de la rivière pour chaque

année en prenant en compte le percentile 90 (ou les 10% d'erreurs admissibles). A titre d'exemple, le Dourduff est classé en eau de très mauvaise qualité en 1999 et en eau de mauvaise qualité en 2003. La présentation proposée permet de visualiser l'importance relative de chaque classe sur l'ensemble des prélèvements réalisés dans l'année considérée.

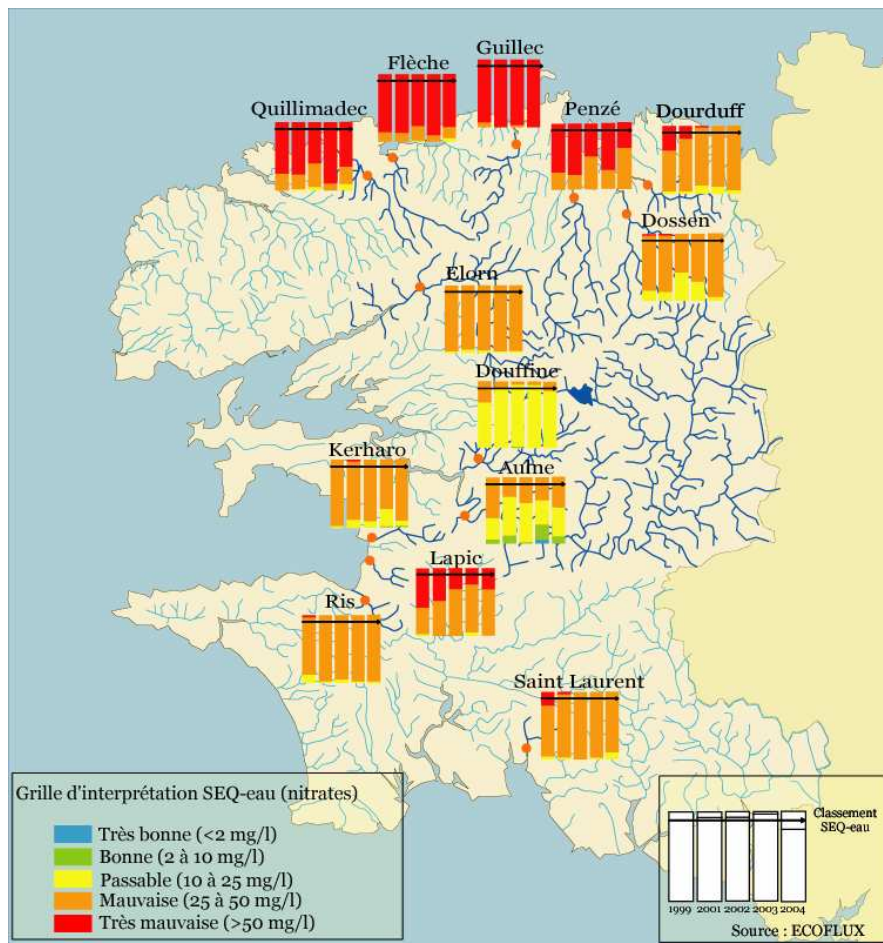


Figure 3. Classement SEQ-eau pour le paramètre nitrates des rivières suivies par le réseau ECOFLUX

De manière générale, on peut constater une dégradation de la qualité de l'eau depuis 2003 pour les rivières dont les bassins versants ont de faibles réserves souterraines, et l'inverse pour celles ayant des réserves souterraines importantes ; sauf dans le cas du Dourduff (annexe IV). Ainsi, bien qu'un seul changement de classe soit observé (la Douffine classée en eau de qualité passable en 2003 est classée globalement en eau de mauvaise qualité en 2004), on a pu noter, selon le cas, une augmentation ou une diminution relative de la quantité de prélèvements pour la classe la moins bonne. Les différences parfois importantes observées entre 2003 et 2004 sont sans doute à mettre en relation avec la sécheresse de l'été 2003. On avait en effet pu remarquer que les concentrations en nitrates avaient fortement diminué dans les rivières à faibles réserves souterraines pendant l'été 2003 (cf. rapport janvier 2004).

Les rivières les plus mal classées se situent comme les années précédentes dans le Léon (Nord Finistère).

### III.1.1.3 Variations hebdomadaires et saisonnières

De même que les concentrations varient d'une année sur l'autre, on assiste à des variations rapides d'une semaine à l'autre. Pour certaines rivières, on peut également observer des cycles saisonniers des concentrations en éléments.

#### a) Variabilité des concentrations à l'échelle hebdomadaire

La figure 4 présente l'ensemble des résultats en nitrates obtenu sur la période d'étude (septembre 1998 – décembre 2004).

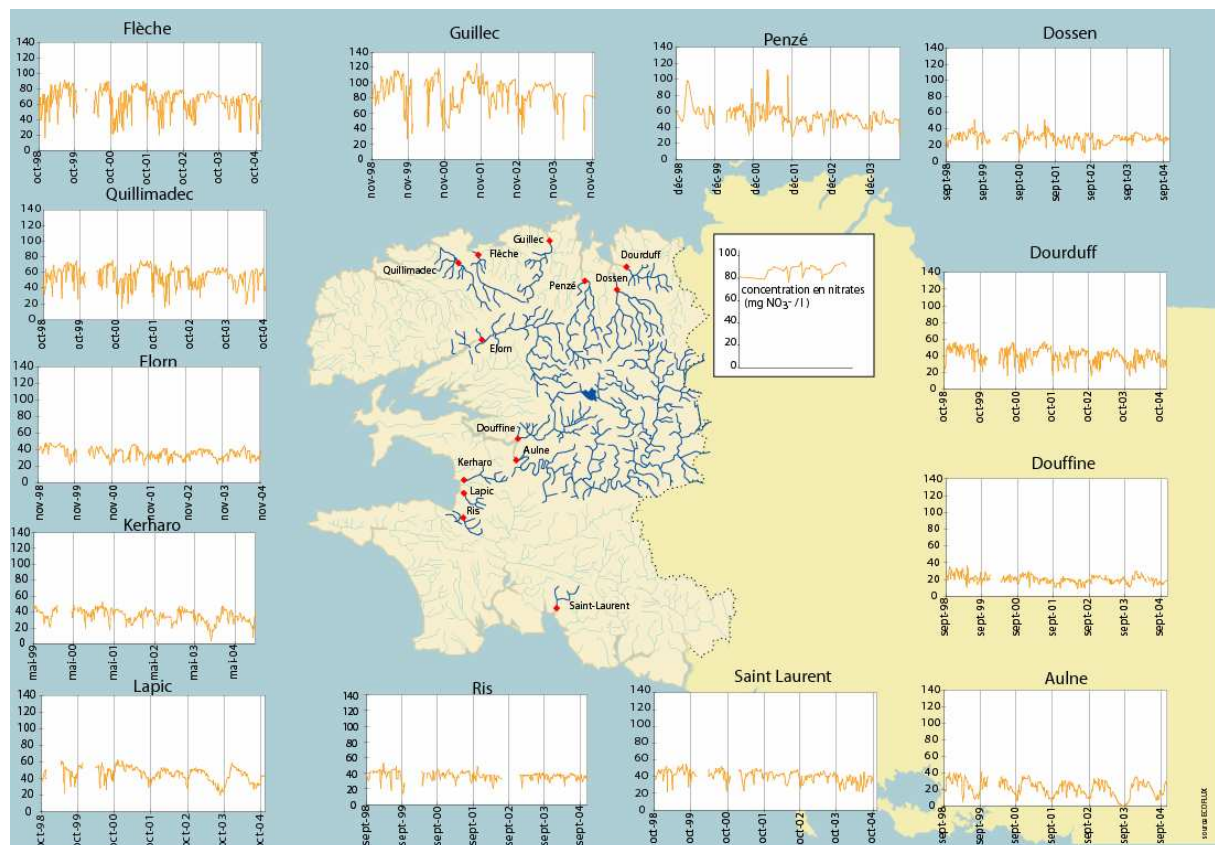


Figure 4. Variations des teneurs en nitrates pour les cours d'eau suivis par le réseau ECOFLUX

On peut observer des variations rapides, surtout en période de crues. Ainsi, sur la Flèche la concentration en nitrates peut passer de 75 mg/l à 30 mg/l en l'espace d'une semaine. Dans ce cas, la diminution des concentrations correspond à une dilution des teneurs due à un important débit. Pour d'autres rivières, une crue peut entraîner une augmentation transitoire des concentrations (exemple : Penzé).

Les diagrammes caractéristiques des fleuves suivis (concentrations vs. Débits spécifiques) permettent de mettre en évidence les comportements des rivières en cas de



changements de débits, débits qui eux-mêmes sont déterminés par les pluies efficaces (figure 5).

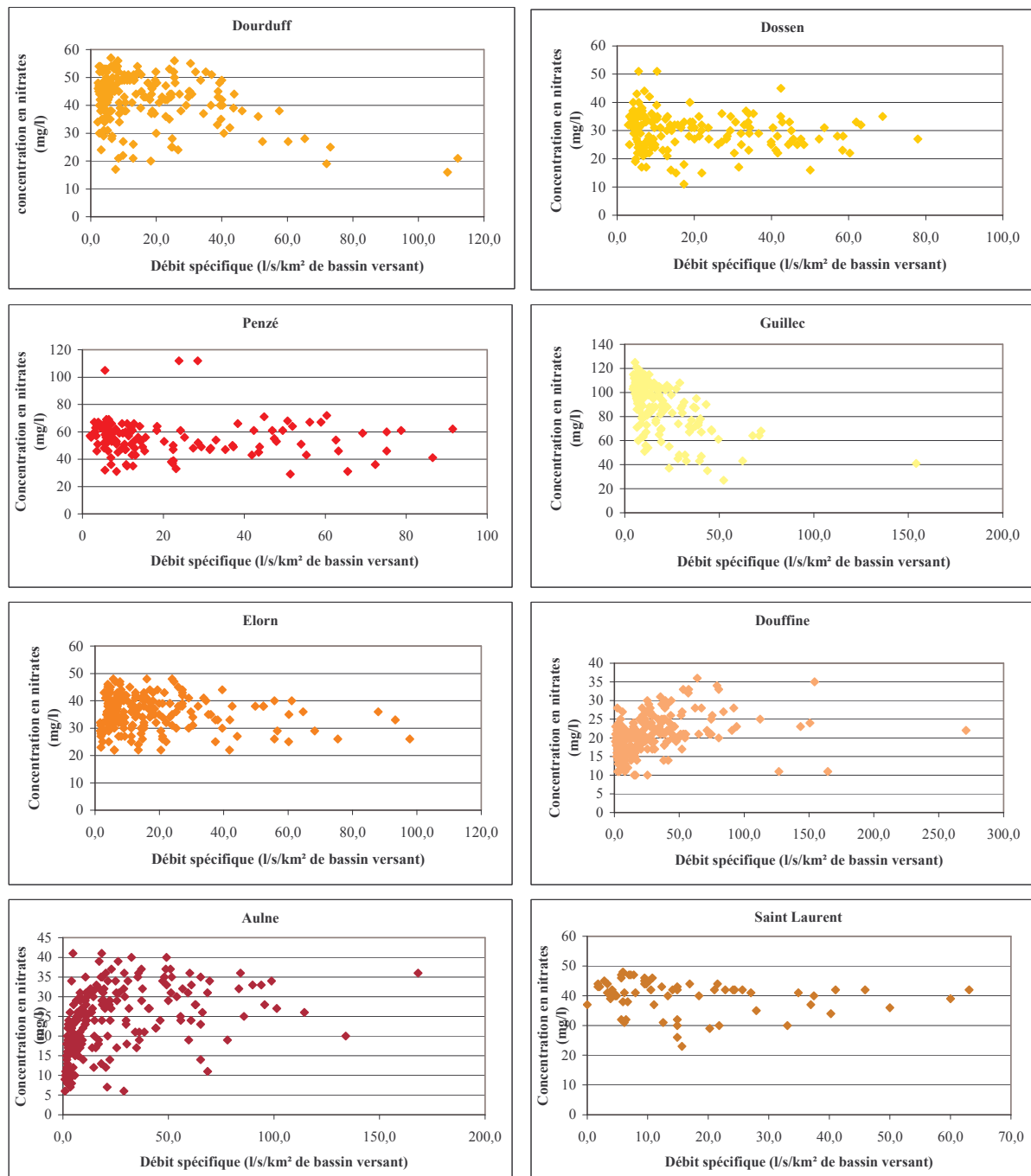


Figure 5. Diagrammes caractéristiques  $C=f(Q_{spé})$  pour les nitrates

Ainsi, pour la Penzé ou l'Elorn, la concentration de la rivière semble être peu influencée par le débit de la rivière. Pour la Douffine, l'Aulne ou le Dourduff, il apparaît que les concentrations ont tendance à augmenter rapidement avec le débit dans un premier temps, puis à se stabiliser pour l'Aulne et à diminuer pour la Douffine ou le Dourduff. Enfin, les concentrations en nitrates sont peu variables en fonction du débit pour le Dossen et le Saint-Laurent, mais décroissent nettement pour le Guillec.

De manière générale, on peut dire que, pour les rivières comme le Guillec ou la Penzé, l'effet de dilution est prépondérant. Il existe une relation théorique entre les concentrations en élément dissous et les débits (figure 6). Par contre pour l'Aulne, la décroissance rapide des nitrates pour les faibles débits (en été) correspond à une consommation du phytoplancton (diatomées) en sels nutritifs et non pas à un effet de lessivage.

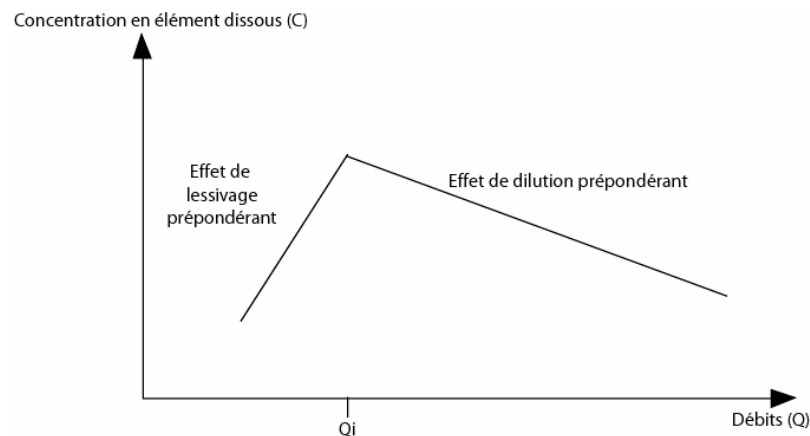


Figure 6. Relation théorique concentration/débit pour des éléments dissous

La variation du débit au cours de l'année est due aux variations des précipitations, lesquelles sont en lien avec les saisons.

#### b) Variabilité à l'échelle saisonnière

Selon les rivières, les variations des concentrations sont plus ou moins marquées et peuvent décrire des cycles annuels. Ce sont les mêmes facteurs qui sont à l'origine de ces variations : le drainage et le lessivage dus aux précipitations, les capacités de réserves du bassin versant ainsi que l'activité biologique (photosynthèse et régénération). Ces derniers vont conditionner les concentrations dans les cours d'eau des différents éléments suivis au fil des saisons.

Différentes formes de variations saisonnières des nitrates sont observées pour les rivières suivies par le réseau ECOFLUX (figure 7). Certaines rivières présentent de fortes teneurs en nitrates en hiver et des faibles teneurs en été, d'autres présentent des variations inverses à celle citée précédemment, d'autres encore ont des concentrations plutôt stables tout au long de l'année.

Deux grands types de cycles doivent être distingués :

- ✓ les cycles classiques, pour lesquels on observe de fortes teneurs pendant les périodes de fort drainage,
- ✓ et les cycles dits inversés pour lesquels on observe de fortes teneurs en période d'étiage.

Entre ces deux grands types, des cycles que l'on dira intermédiaires peuvent être observés. Toutefois, le cycle classique est le plus largement observé sur les différentes

rivières suivies que ce soit en France, au Royaume-Uni ou aux Etats-Unis et ce, quelque soit le type d'occupation du sol ou la taille du bassin versant (Martin C., 2003).

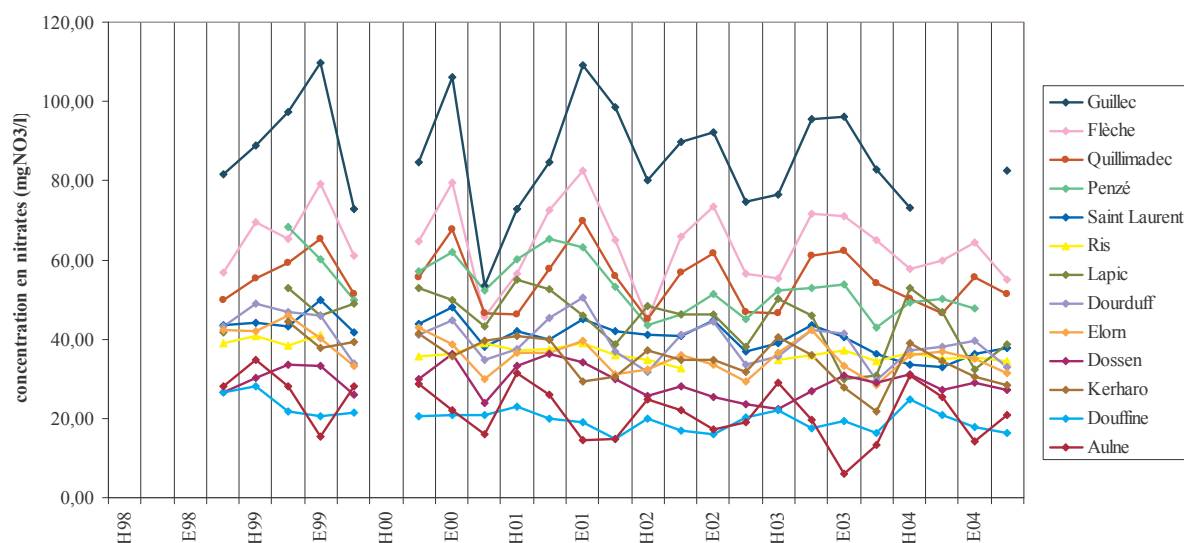


Figure 7. Concentrations moyennes saisonnières en nitrates au cours de la période d'étude

Ainsi, pour certaines rivières, on peut aisément observer le type de cycle saisonnier décrit par les variations des teneurs en nitrates. C'est le cas du Guillec ou du Quillimadec, qui tous deux, présentent un cycle « inversé » pour l'élément nitrates, ou encore de l'Aulne et du Lapic qui affichent eux un cycle dit classique. Pour d'autres rivières comme le Saint Laurent ou le Ris, les variations saisonnières ne sont pas aussi nettes et tendent à être intermédiaires (les minima ou maxima ne sont pas observés à la même saison chaque année).

Deux grands types de processus seraient impliqués dans le transfert de nitrates. Le premier processus dit « supply limited » concerne les bassins versants où le stock d'azote est limitant à l'échelle d'une année hydrologique. Dans ce premier cas, la disponibilité de l'azote du sol est plus importante en hiver qu'en été car à cette période l'absorption des nitrates par les plantes est supérieure au stock d'azote. L'azote est donc entraîné vers le milieu aquatique majoritairement en hiver : la remontée de la nappe phréatique dans les horizons superficiels du sol entraîne les nitrates du sol. Il s'agit là de l'hypothèse de chasse, aussi appelée « *flush hypothesis* » de Hornberger et al (1994) et appliquée au cas des nitrates par Creed & Band (1998). Dans le cas où l'azote disponible n'est pas entièrement absorbé par les végétaux, le cycle peut disparaître ou s'inverser (Reynolds & Edwards, 1995).

Le deuxième processus dit « transport-controlled » intervient quand le stock d'azote est non limitant. Ce type de processus implique la notion de couches plus ou moins concentrées en nitrates au sein de la nappe phréatique. En effet, la partie superficielle ou peu profonde tarissant l'été est plus concentrée en nitrates que la couche profonde et pérenne en raison des processus de dénitrification autotrophe qui y règnent. En hiver, la contribution de la partie superficielle de la nappe, fortement concentrée en nitrate, est dominante tandis qu'en été, la rivière est alimentée par de l'eau souterraine plus dénitrifiée et en quantité moindre. Ainsi, on observera des concentrations maximales en hiver et minimales en été (cas d'un cycle classique).



Il est intéressant de constater que les cycles inversés existent pour des bassins versants qui avaient été classés à fortes réserves souterraines par le BRGM, à savoir le Dourduff, le Dossen, le Guillec, la Flèche ou encore le Quillimadec. Ainsi, peut-on supposer que :

- ✓ la charge en nitrates de ces bassins versants est plus importante que pour ceux des autres rivières suivies
- ✓ ou que la nappe phréatique tarie moins vite en été dans ce type de bassin versant et qu'elle continue à alimenter de façon importante la rivière en été (réserves plus importantes),
- ✓ ou encore que, au sein de cette même nappe, la dénitrification n'est pas suffisamment performante pour éliminer autant de nitrates que dans les autres types de bassins versants.

Par ailleurs, il est intéressant de remarquer que pour une rivière donnée et selon la saison considérée, les diagrammes  $C=f(Q_{spé})$  ne sont pas tout à fait identiques (cf. figure 8).

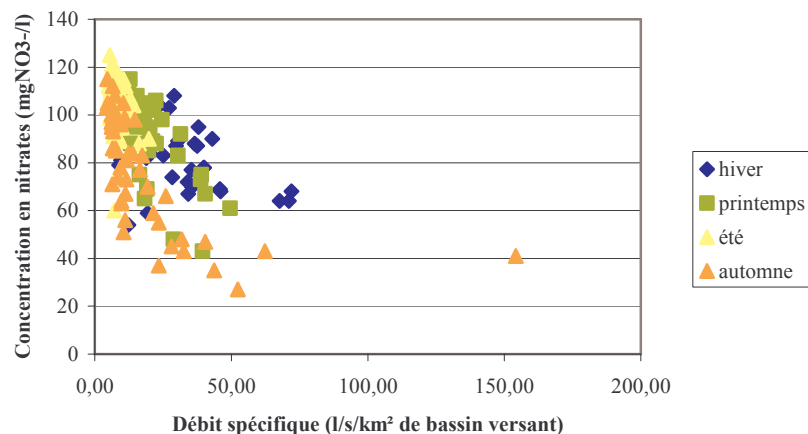


Figure 8. Diagrammes  $C=f(Q_{spé})$  en fonction des saisons pour le Guillec

Ainsi dans le cas du Guillec, les concentrations hivernales auront tendance à être supérieures aux concentrations automnales, et ce pour un débit équivalent. Ce sont sans doute les processus biologiques intrinsèques au cours d'eau et au bassin versant qui sont à l'origine de ce phénomène (consommation, dénitrification).

### III.1.2. FLUX DE NITRATES

Les débits des rivières ne sont connus que pour 8 d'entre elles ; pour sept rivières, ces débits nous sont fournis par la DIREN (Dourduff, Dossen – recalculés à partir des débits du Jarlot, du Tromorgant et du Queffleuth – Penzé, Guillec, Elorn, Douffine et Aulne), pour la huitième, le CEMPAMA qui réalise les prélèvements mesure le débit instantané du Saint Laurent (au moment du prélèvement) depuis mars 2002. Pour toutes les rivières, excepté le Saint Laurent, les flux sont estimés à partir de la moyenne des flux journaliers (concentration mesurée dans le prélèvement x débit moyen de la journée) ramenée au nombre de jours de l'année considérée (pour le Saint Laurent, le même calcul est fait à partir du débit instantané).

### III.1.2.1 Flux moyens et évolution

Le tableau 6 et la figure 9 présentent les flux annuels et les flux spécifiques en nitrates pour les années civiles et hydrologiques des différents cours d'eau dont on dispose des mesures de débit. Calculer les flux en années hydrologiques permet de tamponner les décalages des périodes de crue d'une année sur l'autre<sup>1</sup>.

|               | Flux annuels de nitrates (tN/an) années civiles |      |      |      |      | Flux annuels de nitrates (tN/an) années hydrologiques |         |         |         |         |
|---------------|---|------|------|------|------|---|---------|---------|---------|---------|
|               | 1999  | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 1998-99   | 2000-01 | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 |
| Dourduff      | 325   | 407  | 198  | 148  | 196  | 390   | 543     | 172     | 175     | 177     |
| Dossen        | 981   | 988  | 652  | 438  | 534  | 1048  | 1378    | 590     | 537     | 478     |
| Penzé         | 1464  | 1975 | 1372 | 1166 | 1389 | /   | 3222    | 1076    | 1480    | 1052    |
| Guillec       | 780   | 889  | 587  | 583  | /    | 877   | 1090    | 564     | 600     | /       |
| Elorn         | 2086  | 1405 | 1408 | 983  | 1184 | 2157  | 2480    | 1193    | 1321    | 999     |
| Douffine      | 819   | 592  | 593  | 281  | 552  | 1232  | 995     | 476     | 597     | 491     |
| Aulne         | 10625   | 5216 | 6251 | 5247 | 6946 | 11284   | 9613    | 4922    | 7171    | 6343    |
| Saint Laurent | /   | /    | /    | 159  | 120  | /   | /       | /       | 236     | 117     |

|               | Flux spécifiques de nitrates (tN/km <sup>2</sup> /an) années civiles |      |      |      |      | Flux spécifiques de nitrates (tN/km <sup>2</sup> /an) années hydrologiques |         |         |         |         |
|---------------|--|------|------|------|------|--|---------|---------|---------|---------|
|               | 1999   | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 1998-99  | 2000-01 | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 |
| Dourduff      | 4,3  | 5,4  | 2,6  | 2,0  | 2,6  | 5,2  | 7,2     | 2,3     | 2,3     | 2,4     |
| Dossen        | 4,2  | 4,2  | 2,8  | 1,9  | 2,3  | 4,5  | 5,9     | 2,5     | 2,3     | 2,0     |
| Penzé         | 7,1  | 9,6  | 6,7  | 5,7  | 6,7  | /  | 15,6    | 5,2     | 7,2     | 5,1     |
| Guillec       | 10,5   | 12,0 | 7,9  | 7,9  | /    | 11,9   | 14,7    | 7,6     | 8,1     | /       |
| Elorn         | 7,3  | 4,9  | 4,9  | 3,4  | 4,2  | 7,6  | 8,7     | 4,2     | 4,6     | 3,5     |
| Douffine      | 4,6  | 3,3  | 3,4  | 1,6  | 3,1  | 7,0  | 5,6     | 2,7     | 3,4     | 2,8     |
| Aulne         | 5,9  | 2,9  | 3,5  | 2,9  | 3,9  | 6,3  | 5,4     | 2,7     | 4,0     | 3,5     |
| Saint Laurent | /  | /    | /    | 4,1  | 3,1  | /  | /       | /       | 6,1     | 3,0     |

Tableau 6. Flux annuels totaux et spécifiques en nitrates (année hydrologique : d'octobre à septembre)

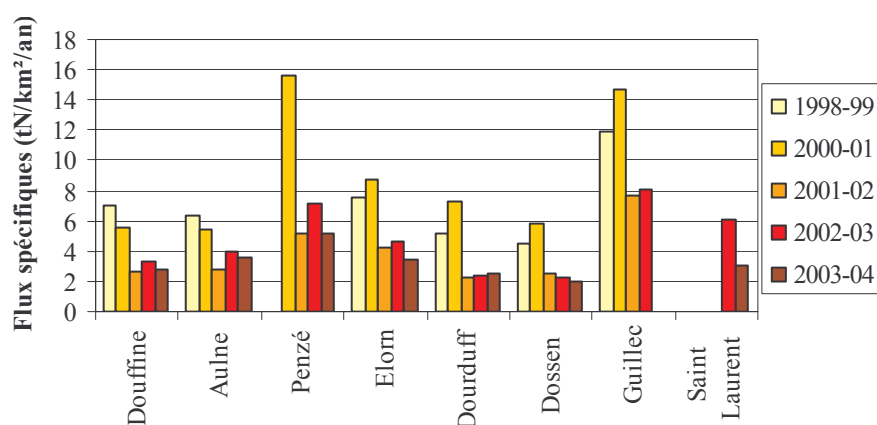


Figure 9. Comparaison des flux spécifiques estimés pour huit cours d'eau

<sup>1</sup> Afin de nous accorder avec les unités utilisées par la communauté scientifique, nous avons également converti les flux en tonnes de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> par an.

Ainsi, si on considère les flux en année civile, on remarque une tendance à la baisse pour l'ensemble des flux entre 2002 et 2003. En terme d'année hydrologique, les conclusions ne sont pas tout à fait les mêmes. En effet, pour cinq rivières, c'est au contraire une hausse plus ou moins importante qui est constatée, hausse que l'on peut également voir au niveau des flux spécifiques. Néanmoins, on remarquera que ces hausses n'entraînent pas l'obtention de flux supérieur à ce que l'on avait pu observer pendant l'année hydrologique 2000-2001.

### **III.1.2.2 Variations mensuelles des flux de nitrates**

La figure 10 présente les variations mensuelles des flux de nitrates pour les huit rivières dont on dispose des mesures de débits.

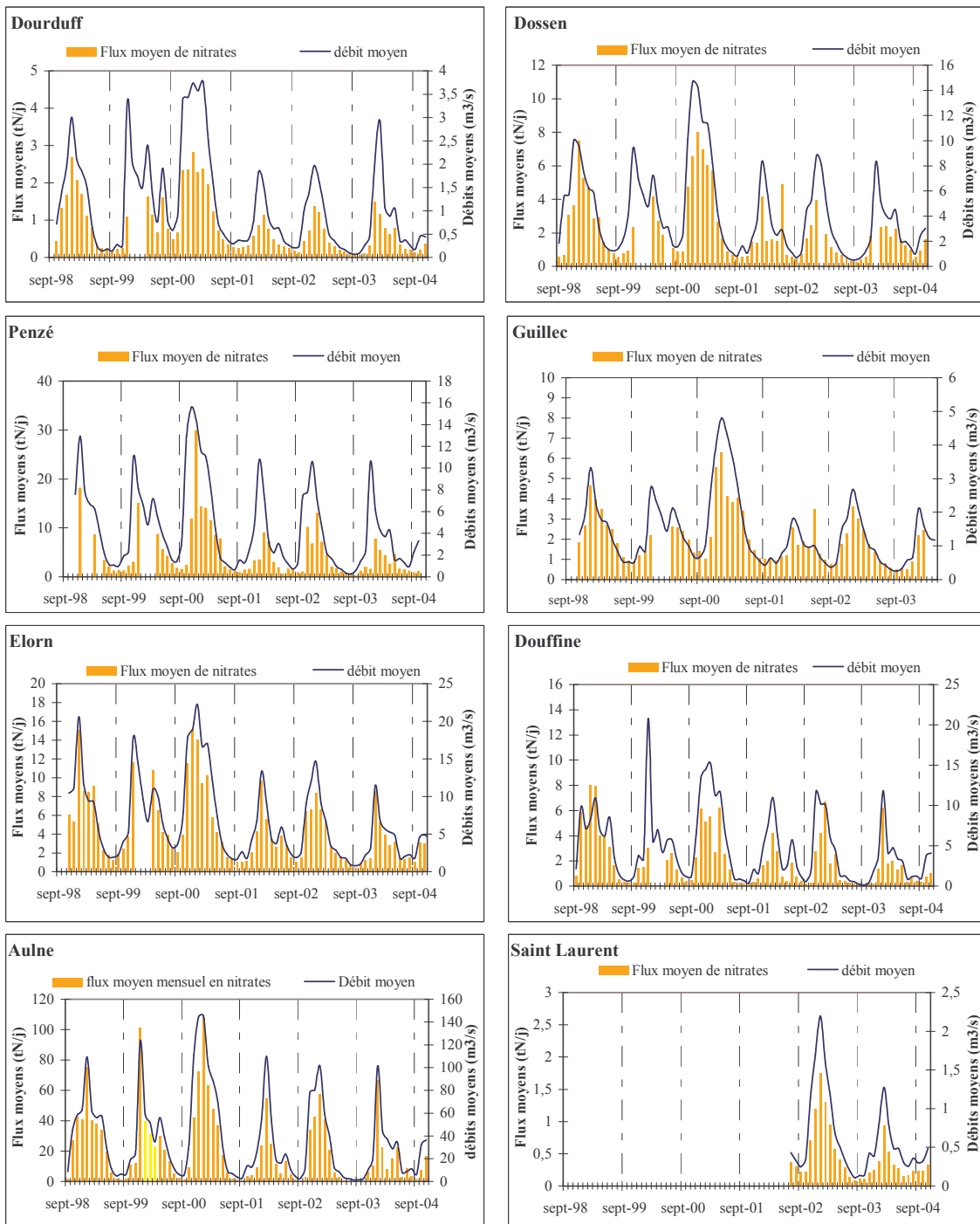


Figure 10. Flux moyens mensuels de nitrates et débits moyens mensuels au cours de la période d'étude

Pour l'ensemble des rivières, on remarque que les flux sont maximaux en période de crue, quand les débits sont eux-mêmes maximaux et ce quelque soit le type de cycle observé pour les variations des concentrations. On peut d'ailleurs également noter qu'en règle générale, les flux et les débits sont relativement bien corrélés.

En résumé, les nitrates sont donc essentiellement véhiculés vers les cours d'eau par les écoulements souterrains, les ruissellements superficiels ayant tendance à diluer ces apports. Pour cet élément, les apports diffus d'origine agricole priment sur les apports ponctuels dus à

l'urbanisme et aux industries. En terme de variations saisonnières, les deux principaux types de cycles (classique et inversé) sont représentés parmi les rivières suivies. Ces types de cycles dépendent de différents processus, l'un lié au stockage de nitrates dans le sol, l'autre aux accumulations et aux phénomènes de dénitrification des différentes strates de la nappe phréatique. Par ailleurs, les processus biologiques intrinsèques à la rivière et au bassin versant jouent sans doute un rôle important dans les phénomènes de variations saisonnières observés.

Depuis 1999, on a pu noter une tendance générale à la baisse des concentrations en nitrates. Si, pour les rivières à faibles réserves souterraines, les concentrations en nitrates ont eu tendance à augmenter entre 2003 et 2004 et inversement pour les rivières à fortes réserves souterraines, cela n'a pas affecté les flux de nitrates qui, en terme d'année hydrologique, ont diminué entre 2003 et 2004.

### **III.2. LES SILICATES**

Les apports dans les rivières d'acide ortho-silicique, communément appelé silicates, proviennent essentiellement de l'érosion des roches et des sols par les pluies, et plus précisément par l'acide carbonique présent dans les eaux de pluies. Une roche granitique (silicates de potassium + silicates d'aluminium) libérera plus de silicium qu'une roche schisteuse (silicates d'alumine hydratés) : ceci est lié au pH plus acide de l'eau entourant ce type de roche et favorisant l'érosion des roches. Outre cette origine lithogénique, les silicates présents dans les rivières peuvent être d'origine biologique et provenir de la dissolution des frustules de diatomées ou de phytolithes. Ainsi, contrairement aux deux autres éléments suivis par le réseau ECOFLUX, les silicates ne constituent pas une forme de pollution puisque qu'ils ne proviennent pas des activités humaines.

Il est intéressant de suivre les silicates pour deux raisons essentielles :

- ✓ Premièrement, la silice est un élément fondamental pour le développement de certaines espèces de phytoplancton, notamment les diatomées. La connaissance des concentrations et flux de cet élément parvenant au littoral est donc importante et pourra servir à mieux comprendre les phénomènes de développement de phytoplanctons toxiques ou encore d'efflorescences phytoplanctoniques.
- ✓ Deuxièmement, peu soumis aux effets anthropiques, transférés vers les cours d'eau de la même façon que les nitrates, ils peuvent en quelque sorte servir de traceur pour les nitrates et la comparaison des variations en nitrates et silicates (variations interannuelles ou saisonnières par exemple) peut nous renseigner sur l'impact des activités anthropiques quant aux variations de concentrations de nitrates.

Dans ce paragraphe, nous ferons donc régulièrement référence aux résultats énoncés précédemment pour les nitrates.

#### **III.2.1. CONCENTRATIONS EN SILICATES**

##### **III.2.1.1 Concentrations moyennes annuelles et évolution**

Comme les nitrates, les concentrations moyennes annuelles en silicates ne sont pas toujours stables d'une année sur l'autre. Ainsi, leur transfert vers les cours d'eau va varier selon la nature du sol et du sous-sol (d'où les différences observées d'une rivière à l'autre), mais il va être également dépendant des épisodes pluvieux. Le tableau 7 et la figure 11 présentent les résultats pour les cinq années suivies dans leur intégralité.

|             | 1999                                |            | 2001                                |            | 2002                                |            | 2003                                |            | 2004                                |            |
|-------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|
|             | Moyenne<br>(mg SiO <sub>2</sub> /l) | Ecart type | Moyenne<br>(mg SiO <sub>2</sub> /l) | Ecart type | Moyenne<br>(mg SiO <sub>2</sub> /l) | Ecart type | Moyenne<br>(mg SiO <sub>2</sub> /l) | Ecart type | Moyenne<br>(mg SiO <sub>2</sub> /l) | Ecart type |
| Dourduff    | 13,4                                | 1,7        | 13,2                                | 2,2        | 13,2                                | 1,6        | 12,9                                | 1,5        | 12,6                                | 1,7        |
| Dossen      | 12,2                                | 1,7        | 13,1                                | 2,2        | 11,7                                | 2,4        | 12,0                                | 1,9        | 12,3                                | 0,8        |
| Penzé       | 12,5                                | 0,9        | 12,7                                | 1,7        | 11,5                                | 1,2        | 11,3                                | 1,2        | 11,4                                | 1,2        |
| Guillec     | 13,8                                | 1,8        | 15,0                                | 2,0        | 13,0                                | 2,2        | 12,7                                | 1,9        | /                                   | /          |
| Flèche      | 14,1                                | 2,5        | 14,7                                | 2,9        | 14,2                                | 2,6        | 13,6                                | 2,4        | 13,3                                | 2,2        |
| Quillimadec | 16,0                                | 2,1        | 15,7                                | 3,0        | 15,5                                | 2,6        | 15,5                                | 0,2        | 14,8                                | 2,4        |
| Elorn       | 9,2                                 | 0,9        | 10,0                                | 1,3        | 8,4                                 | 1,0        | 9,2                                 | 1,2        | 8,8                                 | 1,0        |
| Douffine    | 5,5                                 | 0,8        | 5,6                                 | 0,8        | 5,3                                 | 0,8        | 5,6                                 | 1,1        | 5,2                                 | 0,8        |
| Aulne       | 6,8                                 | 3,0        | 5,5                                 | 3,3        | 6,3                                 | 2,5        | 4,5                                 | 3,8        | 7,3                                 | 1,6        |
| Kerharo     | 10,1                                | 1,1        | 8,9                                 | 2,0        | 9,2                                 | 1,7        | 8,4                                 | 2,2        | 9,4                                 | 1,3        |
| Lapic       | 11,7                                | 1,9        | 11,1                                | 1,0        | 10,7                                | 1,0        | 10,3                                | 1,2        | 11,1                                | 1,0        |
| Ris         | 12,6                                | 2,8        | 15,2                                | 2,1        | 13,1                                | 1,5        | 15,0                                | 1,7        | 14,6                                | 1,4        |
| St Laurent  | 12,3                                | 1,2        | 12,5                                | 1,1        | 12,0                                | 1,0        | 12,1                                | 1,4        | 10,9                                | 1,8        |

Tableau 7. Moyennes annuelles et écart-types des concentrations en silicates

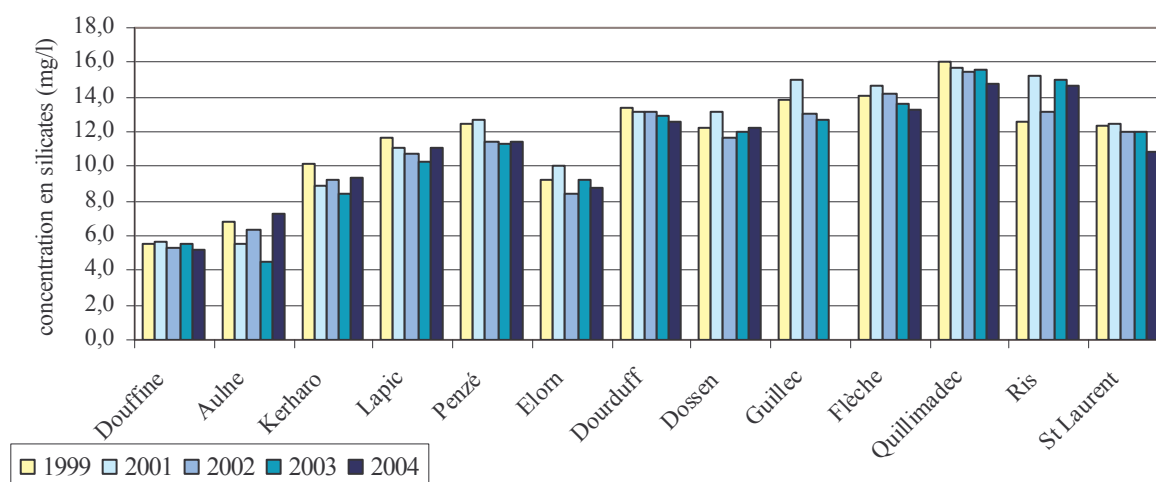


Figure 11. Moyennes annuelles des concentrations en silicates

Deux rivières en particulier se détachent du groupe de rivières suivies : l'Aulne et la Douffine qui toutes deux présentent des concentrations moyennes faibles en silice. De manière générale, on remarquera que la classification des bassins selon les réserves souterraines est relativement cohérente avec les concentrations en silice (annexe IV). En effet, plus le réservoir est important, plus le temps de transfert de l'eau est long. Or, la présence de silice est liée à la dissolution de la phase solide. Plus le temps de contact est long, et plus fortes seront les concentrations en silice.

Plusieurs rivières présentent des concentrations moyennes homogènes sur les différentes années prises en compte : le Dourduff, la Flèche, le Quillimadec et la Douffine (test des étendues multiples et test Anova).

Alors que pour le Dourduff, la Flèche, le Quillimadec, et la Douffine, les tests statistiques mettaient en évidence des concentrations moyennes en nitrates différentes d'une année sur l'autre (avec une tendance à la diminution), pour les silicates, ces mêmes tests

mettent en évidence que les moyennes ne sont pas statistiquement différentes (les groupes sont homogènes). Il n'y a donc pas de tendance à la diminution ou à l'augmentation pour les silicates pour certaines rivières.

Si on estime que les silicates et les nitrates varient de la même façon dans des conditions naturelles, donc sans apport anthropique de nitrates, alors, lorsque les concentrations en silicates sont stables, on peut en déduire que la diminution des concentrations en nitrates observée sur certaines rivières peut être due à une diminution des apports de nitrates par les activités humaines (donc à des améliorations de pratiques agricoles). Par contre, une diminution simultanée des concentrations moyennes en silicates et en nitrates ne permet pas de d'affirmer que la diminution des nitrates est à mettre en relation avec une amélioration des pratiques agricoles.

### III.2.1.2 Le classement SEQ-eau

Les silicates transférés vers les rivières ne sont pas d'origine anthropique. Ils ne font donc pas l'objet d'un classement dans le cadre du Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau.

### III.2.1.3 Variations hebdomadaires et saisonnières

a) – Variabilité des concentrations à l'échelle hebdomadaire

La figure 12 présente l'ensemble des résultats en silicates obtenus sur la période d'étude.

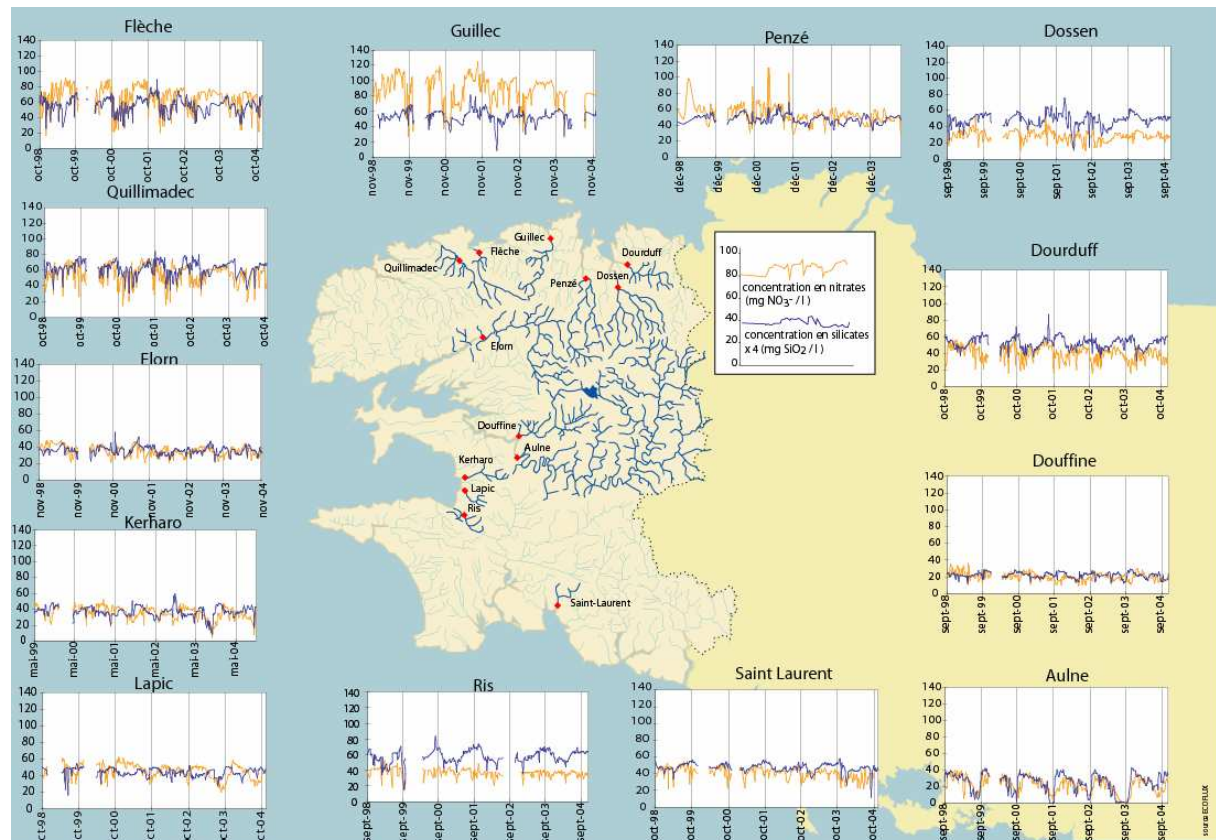


Figure 12. Variations des concentrations en silicates pour les cours d'eau suivis par le réseau ECOFLUX



Comme pour les nitrates, on constate d'importantes variations des teneurs en silicates. A un pic de nitrates, correspond souvent un pic de silicates (pour détails cf. annexe I). Cela dit les variations globales ne sont pas toujours exactement les mêmes que celles des nitrates. Par exemple, pour certaines rivières comme le Ris, alors que les variations en nitrates ne paraissent pas décrire de cycle annuel, on constate des variations plus marquées au cours de l'année. De même, pour le Dourduff, les variations des silicates semblent suivre pendant une partie de l'année celles des nitrates, puis on observe « un décrochage » au moment de l'été : tandis que les concentrations en silicates continuent d'augmenter, celles en nitrates diminuent rapidement.

L'observation des diagrammes  $C=f(Q_{spé})$  pour les silicates révèle que les concentrations en silicates ont tendance à être diluées avec l'augmentation du débit, excepté pour l'Aulne et la Douffine (figure 13).

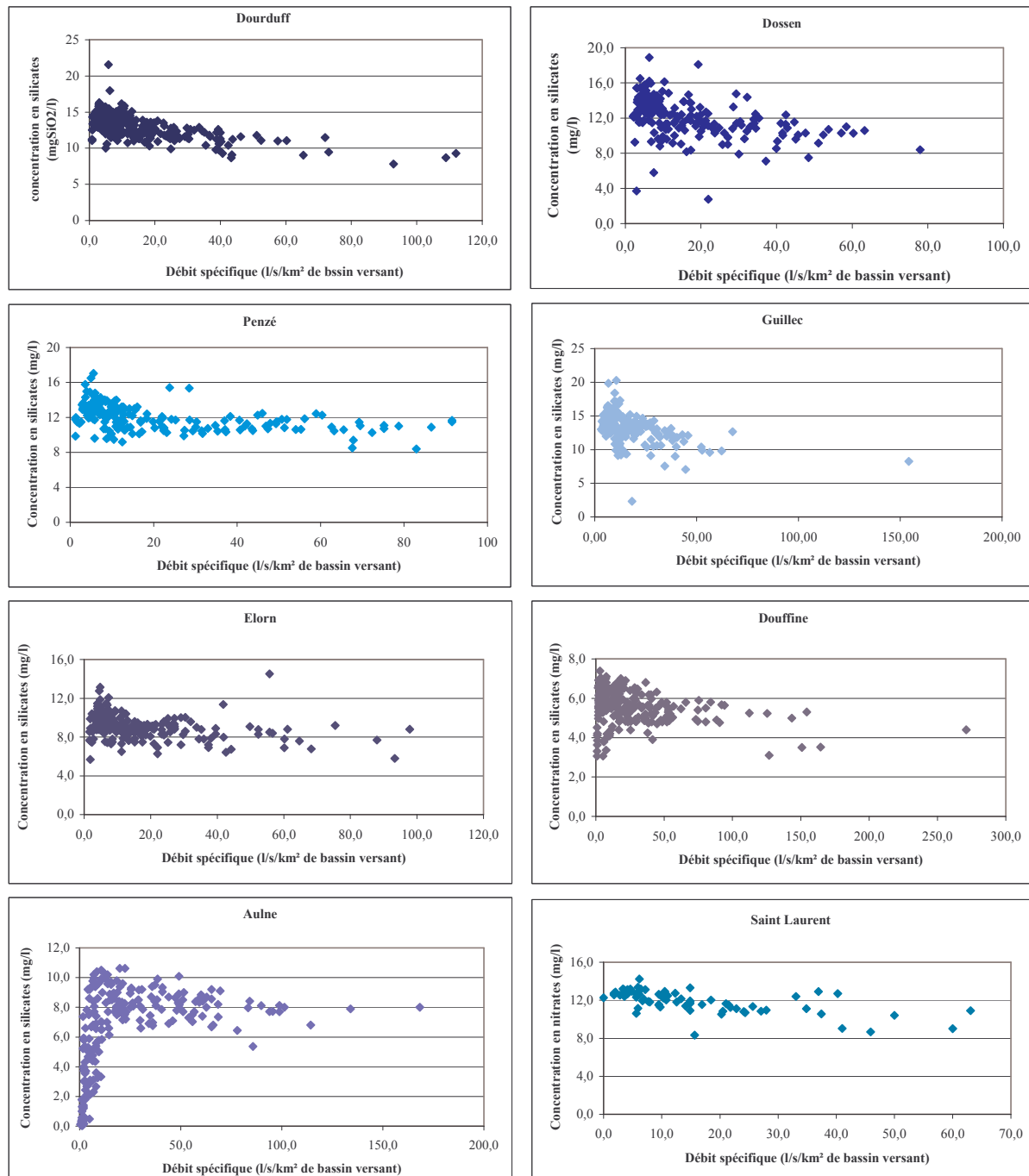


Figure 13. Diagrammes caractéristiques  $C=f(Q_{spé})$  pour les concentrations en silicates

On remarquera le cas particulier de l'Aulne. En cas de très faibles débits, la teneur en silicates de la rivière peut en effet avoisiner 0 mg/l. Plutôt qu'une absence d'apport de silicates, il faut sans doute s'orienter vers des phénomènes de consommation de silice (par les diatomées), consommation sans doute très importante entraînant les phénomènes d'eutrophisation.

Pour les autres rivières, excepté la Douffine qui tend vers ce que l'on observe pour l'Aulne, les diagrammes sont relativement similaires les uns par rapport aux autres d'une part, et par rapport à ce que l'on observait pour les nitrates d'autre part (dilution des concentrations avec l'augmentation des débits).

Pour l'ensemble des rivières, on notera néanmoins des écarts moins importants entre les concentrations maximales et minimales des silicates pour un même débit que pour les nitrates.

#### b) – Variabilité à l'échelle saisonnière

La figure 14 présente les concentrations moyennes saisonnières de l'ensemble des cours d'eau suivis.

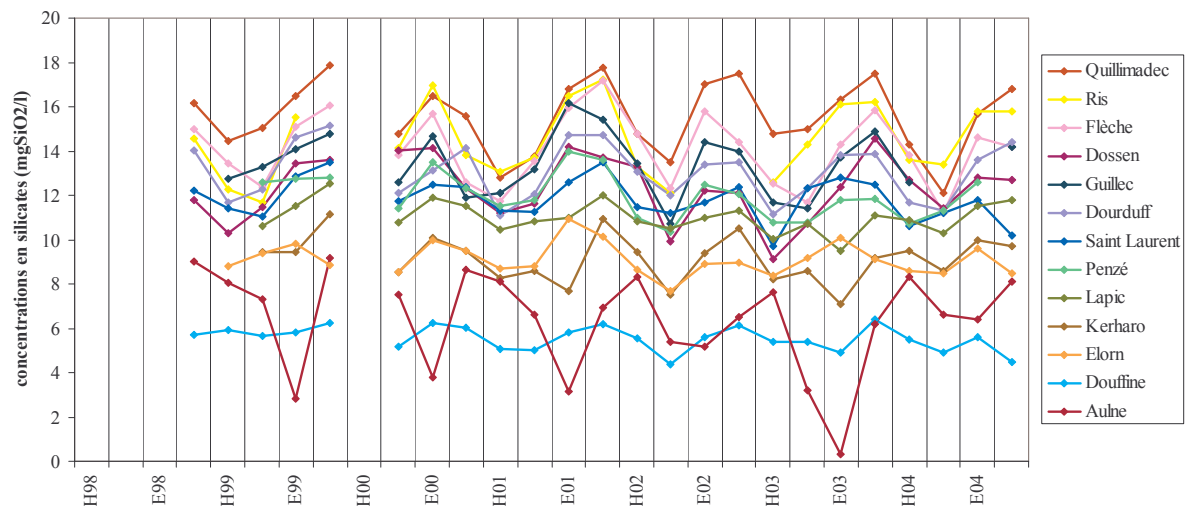


Figure 14. Concentrations moyennes saisonnières en silicates au cours de la période d'étude

Comme pour les nitrates, différents types de comportement peuvent être observés quant aux variations des silicates. Pour certaines rivières (Aulne, Kerharo, Lapic), les concentrations en silicates sont minimales au printemps ou en été. Pour d'autres rivières (Quillimadec, Ris, Flèche, Dossen, Guillec, Dourduff, Saint Laurent, Penzé, Elorn), les concentrations maximales sont observées en automne ou en été selon les rivières ou l'année considérée. La Douffine semble avoir un comportement plus complexe.

Les concentrations en silicates dans l'eau sont fonction du temps de résidence de l'eau dans la nappe phréatique. Si la concentration augmente avec le temps de résidence et si on considère que, comme on l'avait fait pour les nitrates, c'est la partie profonde (donc plus ancienne) de la nappe qui alimente la rivière en été (toit de la nappe tarie) alors, on devrait observer pour l'ensemble des rivières des concentrations en silice maximales en été et minimales en hiver.

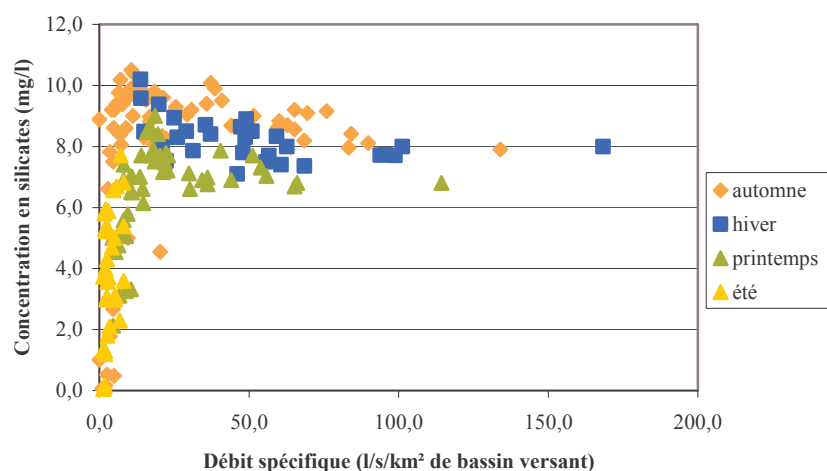


Figure 15. Diagramme caractéristique  $C=f(Q_{spé})$  des silicates dans l'Aulne en fonction des saisons

La figure 15 montre une consommation des silicates en été et au printemps plus importante qu'en automne. En hiver, les apports de silice par la nappe sont moins importants et/ou dilués par le ruissellement superficiel.

### III.2.2. FLUX DE SILICATES

#### III.2.2.1 Flux moyens annuels et évolution

Le tableau 8 et la figure 16 présentent les flux annuels et spécifiques en silicates pour les années civiles et hydrologiques des différents cours d'eau dont on dispose des mesures de débit.

|               | Flux annuel de silicates (tSi/an) années civiles |      |      |      |      | Flux annuel de silicates (tSi/an) années hydrologiques |         |         |         |         |
|---------------|--|------|------|------|------|--|---------|---------|---------|---------|
|               | 1999   | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 1998-99  | 2000-01 | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 |
| Dourduff      | 182  | 256  | 142  | 103  | 135  | 213  | 354     | 126     | 132     | 130     |
| Dossen        | 736  | 603  | 590  | 371  | 492  | 777  | 956     | 516     | 482     | 437     |
| Penzé         | 630  | 783  | 683  | 514  | 638  | /  | 1304    | 567     | 655     | 496     |
| Guillec       | 267  | 211  | 204  | 172  | /    | 275  | 385     | 158     | 195     | /       |
| Elorn         | 1008   | 747  | 747  | 507  | 588  | 960  | 1373    | 626     | 691     | 507     |
| Douffine      | 362  | 308  | 329  | 142  | 253  | 456  | 474     | 281     | 341     | 233     |
| Aulne         | 5873   | 3506 | 4112 | 3077 | 4064 | 6506   | 6318    | 3374    | 4359    | 3737    |
| Saint Laurent | /  | /    | /    | 87   | 79   | /  | /       | /       | 136     | 81      |

|               | Flux spécifiques de silicates (tSi/km²/an) années civiles |      |      |      |      | Flux spécifiques de silicates (tSi/km²/an) années hydrologiques |         |         |         |         |
|---------------|---|------|------|------|------|---|---------|---------|---------|---------|
|               | 1999  | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 1998-99   | 2000-01 | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 |
| Dourduff      | 2,4   | 3,4  | 1,9  | 1,4  | 1,8  | 2,8   | 4,7     | 1,7     | 1,8     | 1,7     |
| Dossen        | 3,1   | 2,6  | 2,5  | 1,7  | 2,1  | 3,3   | 4,1     | 2,2     | 1,7     | 1,9     |
| Penzé         | 3,1   | 3,8  | 3,3  | 2,5  | 3,1  | /   | 6,3     | 2,8     | 3,2     | 2,4     |
| Guillec       | 3,6   | 2,9  | 2,8  | 2,3  | /    | 3,7   | 5,2     | 2,1     | 2,6     | /       |
| Elorn         | 3,5   | 2,6  | 2,6  | 1,8  | 2,1  | 3,4   | 4,8     | 2,2     | 2,4     | 1,8     |
| Douffine      | 2,0   | 1,7  | 1,9  | 0,8  | 1,4  | 2,6   | 2,7     | 1,6     | 1,9     | 1,3     |
| Aulne         | 3,3   | 2,0  | 2,3  | 1,7  | 2,3  | 3,6   | 3,5     | 1,9     | 2,4     | 2,1     |
| Saint Laurent | /   | /    | /    | 2,2  | 2,0  | /   | /       | /       | 3,5     | 2,1     |

Tableau 8. Flux annuels et totaux en silice (année hydrologique : de d'octobre à septembre)

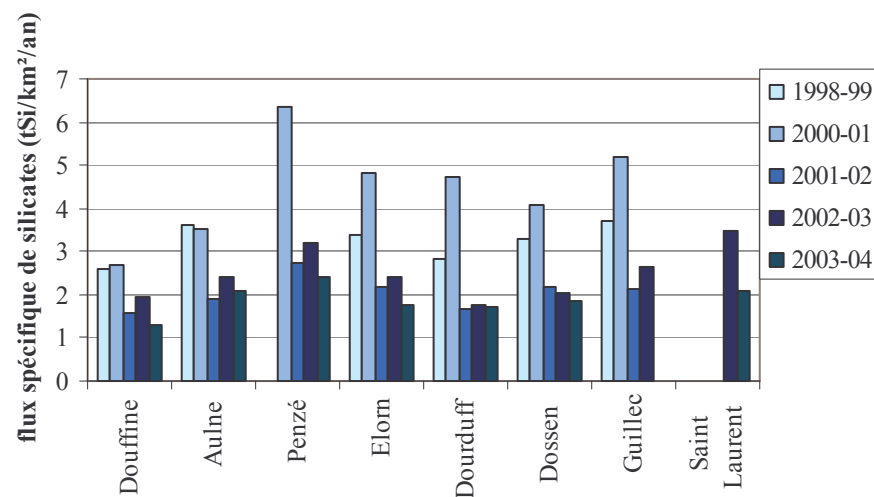


Figure 16. Comparaison des flux spécifiques estimés pour huit cours d'eau

Si les flux en année civile montrent une tendance à augmenter, on notera qu'en terme d'année hydrologique, les flux en silicates ont tendance à diminuer. Ceci permet donc de dire que l'augmentation des flux de nitrates (en année civile) observée pour 2004 est, au moins en partie, d'origine naturelle.

### III.2.2.2 Variations des flux

La figure 17 expose les variations de flux moyens mensuels pour l'ensemble des cours d'eau dont on dispose des mesures de débits.

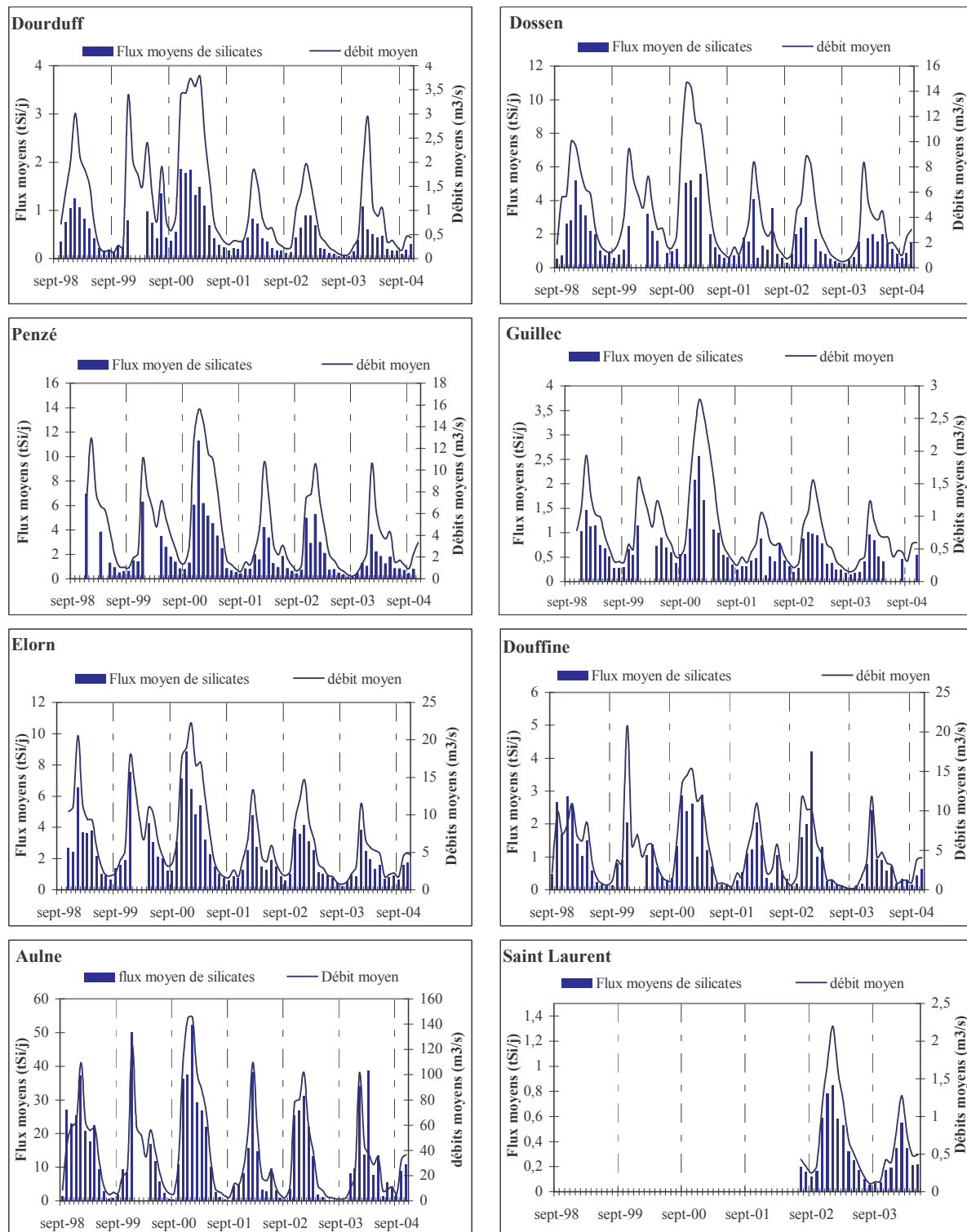


Figure 17. Flux moyens mensuels de silicates et débits moyens mensuels au cours de la période d'étude

Comme nous avons pu le noter dans le cas des nitrates, les flux moyens mensuels de silicates sont maximaux en période de crue et minimaux en période d'étiage. Les variations de flux de silicates sont, comme dans le cas des nitrates, fortement corrélées aux variations de débits.

On a donc pu noter de nombreuses similitudes entre les variations des concentrations ou des flux des nitrates et des silicates. En effet, pour la plupart des rivières suivies, le type de cycle observé pour les concentrations de nitrates est également observé pour les silicates. En général, les variations de silicates sont plus marquées que celles des nitrates (visible notamment sur le Ris par exemple). Ceci implique que les réserves souterraines sont un facteur déterminant dans les variations des concentrations et flux de ces deux éléments.

Pour ce qui est des concentrations, les tests statistiques mettent en évidence pour quelques rivières une certaine homogénéité des concentrations annuelles. Pour les autres rivières, on a pu noter que les tendances générales, à la hausse ou à la baisse, d'une année sur l'autre étaient comparables à celles des nitrates.

### III.3. LES PHOSPHATES

Les orthophosphates ou phosphore inorganique dissous sont plus communément appelés les phosphates. Ils sont directement assimilables par les végétaux. Néanmoins, le phosphore est caractérisé par une grande complexité comportementale car les phosphates réagissent hautement avec certains constituants minéraux comme le Fer, l'Aluminium ou encore le Calcium et forment du phosphore inorganique particulière (non biodisponible). Les différentes formes de phosphore présentes dans un milieu sont liées aux conditions du biotope (pH, température, potentiel redox). Le pH agit sur la solubilité des complexes formés ; le potentiel redox agit sur la valence ionique de certains éléments comme le Fer et le Manganèse ; la température agit entre autres sur l'activité biologique (et donc sur l'assimilation des phosphates).

Ainsi, contrairement aux nitrates ou aux silicates, les phosphates ne se trouvent pas principalement à l'état libre dans le sol, mais sous forme de composés et ils peuvent être adsorbés à des particules. Dès lors, les mécanismes de transfert des phosphates vers les rivières, ou les milieux aquatiques en général, ne sont pas les mêmes que pour les deux autres éléments suivis par le réseau ECOFLUX. Ainsi, on sait que les phosphates ne sont pas transférés vers la rivière par l'intermédiaire des écoulements souterrains, mais essentiellement par les ruissellements dans le cas de pollutions diffuses (la notion de réserves souterraines n'intervient donc pas pour cet élément). Un grand nombre de sources de rejets directs de phosphates ont également été identifiées (cf. tableau 9).

| Type d'activité et origine            | Phosphore provenant de sources ponctuelles           | Phosphore provenant de sources diffuses    |
|---------------------------------------|--|--|
| <b>1 – Urbanisme</b>                  | - tout à l'égout                                     | - ruissellement urbain                     |
|                                       | - stations d'épuration                               | - dépôt d'ordure                           |
|                                       | - domestique dispersé (fosses sceptiques)            | -épandage des boues de station d'épuration |
| <b>2 – Industries - Piscicultures</b> | - rejets directs                                     | - ruissellement                            |
| <b>3 - Agriculture</b>                | - stockage dans les bâtiments                        | - stockage au champ                        |
|                                       | - nettoyage de locaux                                | - sols cultivés et prairies                |
|                                       | - rejets directs des élevages                        |  |
| <b>4 – Zones « naturelles »</b>       |  | - bruit de fond géochimique                |
|                                       | Transfert indépendant des périodes de ruissellement. | Transfert lors de périodes pluvieuses.     |

Tableau 9. Inventaire des principales origines diffuses et ponctuelles du phosphore (d'après J.M. DORIOZ, 1997)

Les principaux apports correspondent aux déjections animales, aux engrais, aux rejets domestiques et industriels, ainsi qu'à certaines activités spécifiques comme les piscicultures (états des lieux contrat de baie de la rade, 1997). Alors que pour les nitrates, il a été clairement établi que l'agriculture était la principale responsable des rejets dans le milieu aquatique, tout du moins en Bretagne, il semble qu'il soit plus difficile d'établir la part des responsabilités pour le phosphore. Ce que nous pourrions tout de même retenir c'est que la part de phosphore provenant des rejets domestiques, industriels et piscicoles est directement rejetée dans le milieu, tandis que le phosphore d'origine agricole aura tendance à s'adsorber dans le sol ou sur des particules avant de rejoindre le milieu aquatique.



### III.3.1. CONCENTRATIONS EN PHOSPHATES

#### III.3.1.1 Concentrations moyennes annuelles et évolution

Le tableau 10 et la figure 18 présentent les moyennes annuelles en phosphates.

|             | 1999                           |            | 2001                           |            | 2002                           |            | 2003                           |            | 2004                           |            |
|-------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
|             | Moyenne (mgPO <sub>4</sub> /l) | Ecart type | Moyenne (mgPO <sub>4</sub> /l) | Ecart type | Moyenne (mgPO <sub>4</sub> /l) | Ecart type | Moyenne (mgPO <sub>4</sub> /l) | Ecart type | Moyenne (mgPO <sub>4</sub> /l) | Ecart type |
| Dourduff    | <b>0,258</b>                   | 0,159      | <b>0,275</b>                   | 0,129      | <b>0,291</b>                   | 0,157      | <b>0,315</b>                   | 0,153      | <b>0,186</b>                   | 0,088      |
| Dossen      | <b>0,344</b>                   | 0,205      | <b>0,373</b>                   | 0,232      | <b>0,264</b>                   | 0,228      | <b>0,539</b>                   | 0,404      | <b>0,426</b>                   | 0,191      |
| Penzé       | <b>0,496</b>                   | 0,233      | <b>0,562</b>                   | 0,358      | <b>0,537</b>                   | 0,321      | <b>0,577</b>                   | 0,293      | <b>0,361</b>                   | 0,157      |
| Guillec     | <b>0,370</b>                   | 0,142      | <b>0,363</b>                   | 0,250      | <b>0,364</b>                   | 0,204      | <b>0,573</b>                   | 0,208      | /                              | /          |
| Flèche      | <b>0,253</b>                   | 0,124      | <b>0,270</b>                   | 0,107      | <b>0,334</b>                   | 0,163      | <b>0,278</b>                   | 0,089      | <b>0,327</b>                   | 0,215      |
| Quillimadec | <b>0,440</b>                   | 0,184      | <b>0,423</b>                   | 0,183      | <b>0,430</b>                   | 0,158      | <b>0,434</b>                   | 0,183      | <b>0,420</b>                   | 0,198      |
| Elorn       | <b>0,239</b>                   | 0,226      | <b>0,252</b>                   | 0,177      | <b>0,196</b>                   | 0,135      | <b>0,217</b>                   | 0,137      | <b>0,170</b>                   | 0,095      |
| Douffine    | <b>0,350</b>                   | 0,294      | <b>0,472</b>                   | 0,353      | <b>0,277</b>                   | 0,252      | <b>0,634</b>                   | 0,403      | <b>0,285</b>                   | 0,219      |
| Aulne       | <b>0,057</b>                   | 0,035      | <b>0,061</b>                   | 0,036      | <b>0,072</b>                   | 0,033      | <b>0,057</b>                   | 0,034      | <b>0,074</b>                   | 0,082      |
| Kerharo     | <b>0,132</b>                   | 0,077      | <b>0,117</b>                   | 0,078      | <b>0,135</b>                   | 0,079      | <b>0,149</b>                   | 0,100      | <b>0,141</b>                   | 0,124      |
| Lapic       | <b>0,466</b>                   | 0,389      | <b>0,334</b>                   | 0,285      | <b>0,237</b>                   | 0,140      | <b>0,512</b>                   | 0,508      | <b>0,298</b>                   | 0,247      |
| Ris         | <b>0,097</b>                   | 0,072      | <b>0,093</b>                   | 0,029      | <b>0,117</b>                   | 0,044      | <b>0,138</b>                   | 0,055      | <b>0,134</b>                   | 0,049      |
| St Laurent  | <b>0,039</b>                   | 0,019      | <b>0,034</b>                   | 0,031      | <b>0,039</b>                   | 0,026      | <b>0,039</b>                   | 0,024      | <b>0,035</b>                   | 0,033      |

Tableau 10. Moyennes annuelles et écart-types des concentrations en phosphates

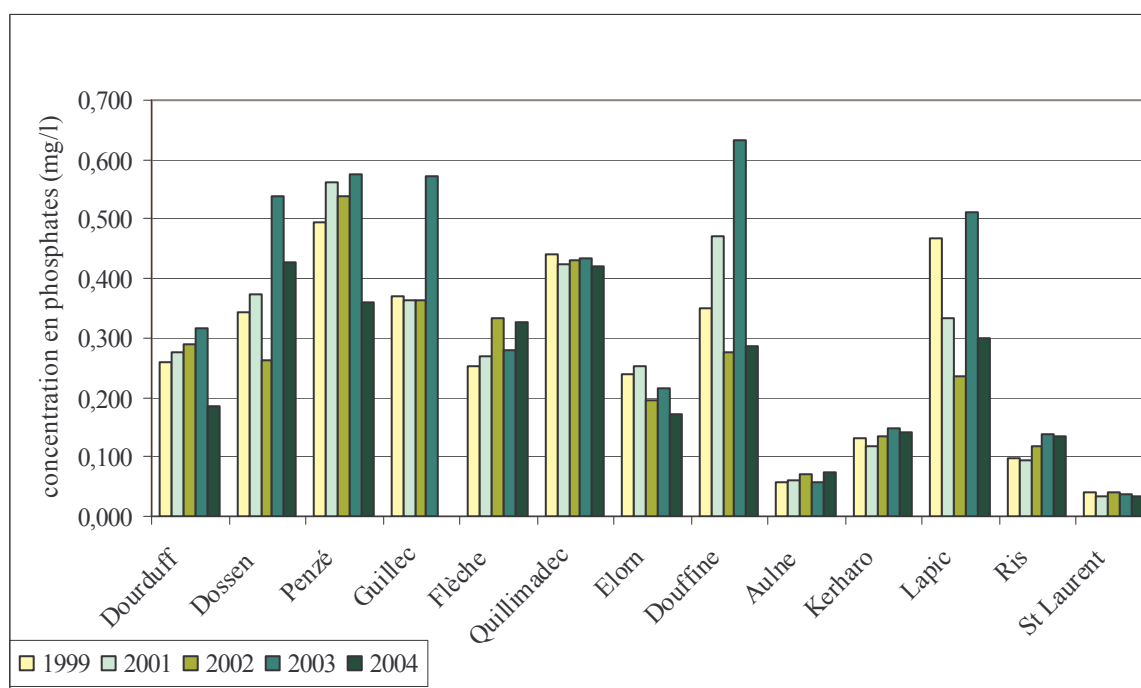


Figure 18. Moyennes annuelles des concentrations en phosphates

Comme pour les nitrates ou les silicates, on peut constater une variabilité des concentrations en phosphates d'une rivière à l'autre. Cependant, tandis que nitrates et silicates semblaient décrire des variations interannuelles similaires ou comparables, un parallèle entre les variations des phosphates et les variations des deux éléments précédents semble plus difficile à réaliser.

D'une manière générale, les moyennes sont homogènes d'une année sur l'autre pour le Quillimadec, l'Elorn, l'Aulne, le Kerharo et le Saint Laurent. Pour les autres rivières, les tests Anova réalisés sur les résultats (cf. annexe II) mettent en évidence que les moyennes

annuelles sont statistiquement différentes. Globalement, en 2003 on observe des concentrations supérieures à celles observées les années précédentes et en 2004, il reste malgré cela difficile de déterminer une réelle tendance quant à ces évolutions.

Si comme dans le cas des nitrates, on retrouve des concentrations importantes dans le Finistère nord, on notera également des valeurs relativement importantes pour la Douffine et le Lapic. Par ailleurs, alors que les concentrations en nitrates étaient relativement proches d'une année sur l'autre, la variabilité est vraisemblablement plus importante dans le cas des phosphates, les concentrations pouvant en effet doubler en l'espace d'une année dans le cas de la Douffine par exemple. Les concentrations moyennes de 2003 sont pour la majorité des rivières les plus importantes relevées depuis de le début du suivi.

### III.3.1.2 Le classement SEQ-eau

La figure 19 présente les classements SEQ-eau des rivières suivies pour les années 1999, 2001, 2002, 2003 et 2004.

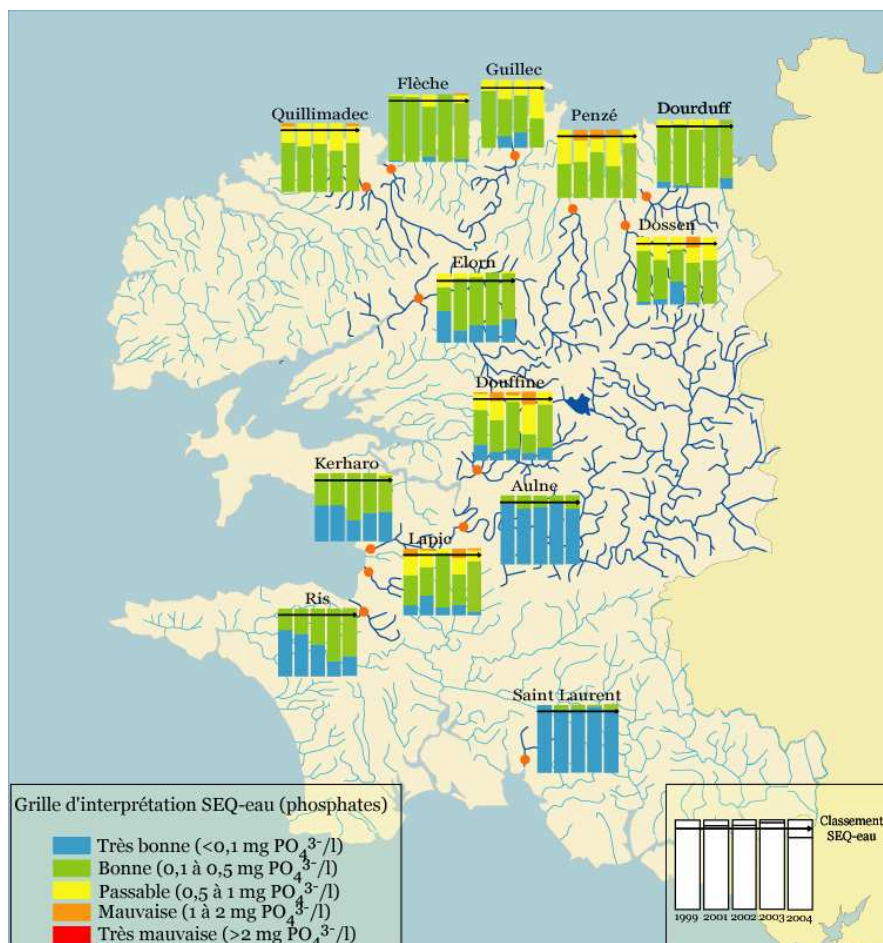


Figure 19. Classement SEQ-eau pour le paramètre phosphates des rivières suivies par le réseau ECOFLUX

Sur la plupart des rivières, on constate une amélioration ou une stabilisation de la qualité de l'eau vis-à-vis de ce paramètre. En ce qui concerne l'Aulne, la Flèche et le Quillimadec, on a pu remarquer en 2004 un ou deux pics avec des concentrations exceptionnelles dans les concentrations de phosphates, provoquant sans doute un déclassement pour ce paramètre.

### III.3.1.3 Variations hebdomadaires et saisonnières

#### a) – Variabilité à l'échelle hebdomadaire

La figure 20 regroupe l'ensemble des résultats en phosphates des prélèvements effectués depuis le début du suivi.

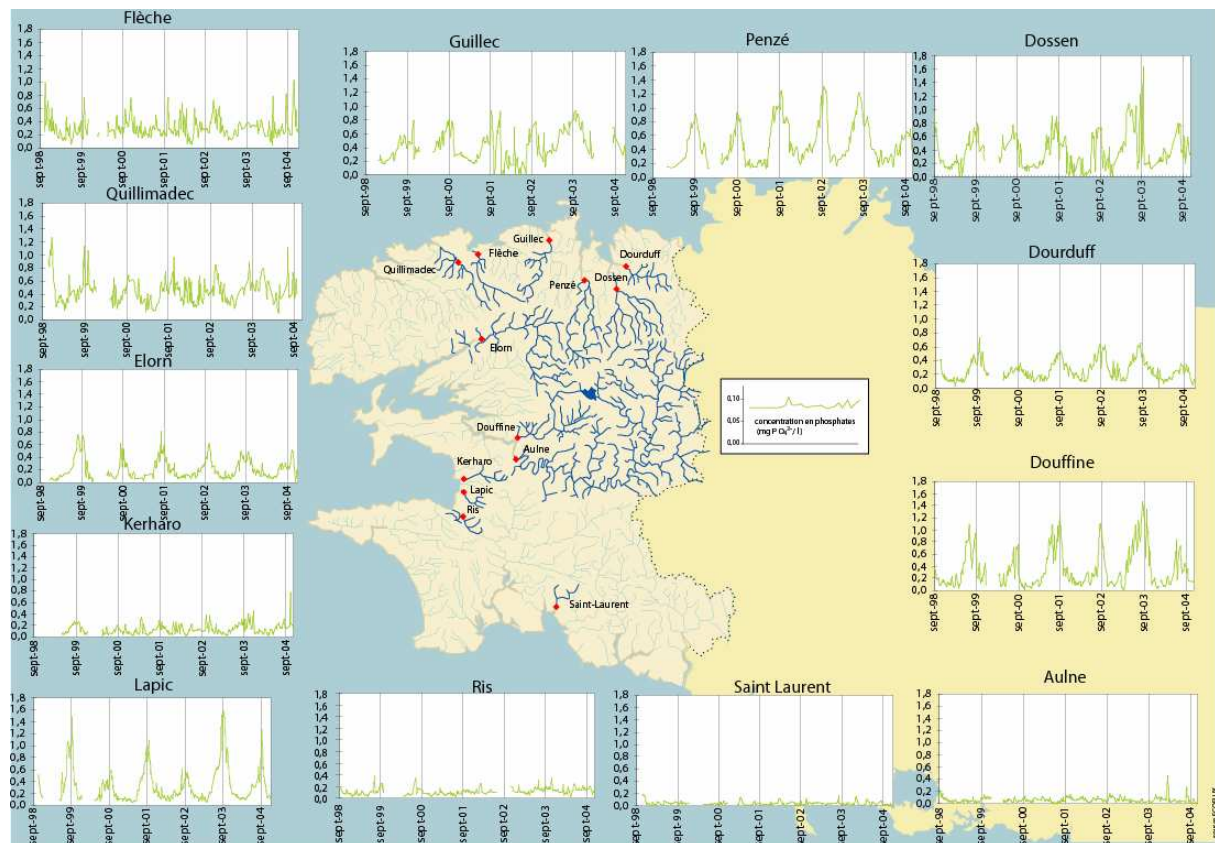


Figure 20. Variations des teneurs en phosphates pour les cours d'eau suivis par le réseau ECOFLUX

Comme pour les deux autres éléments suivis par le réseau, les concentrations varient donc rapidement d'une semaine à l'autre.

On remarque pour plusieurs rivières des pics importants de phosphates en été.

L'analyse des diagrammes caractéristiques  $C=f(Q_{spé})$  des phosphates révèle une large tendance à la dilution des phosphates avec la croissance du débit, sauf pour ce qui est de l'Aulne et du Saint Laurent où il semble moins aisé de déterminer une tendance (cf. figure 21).

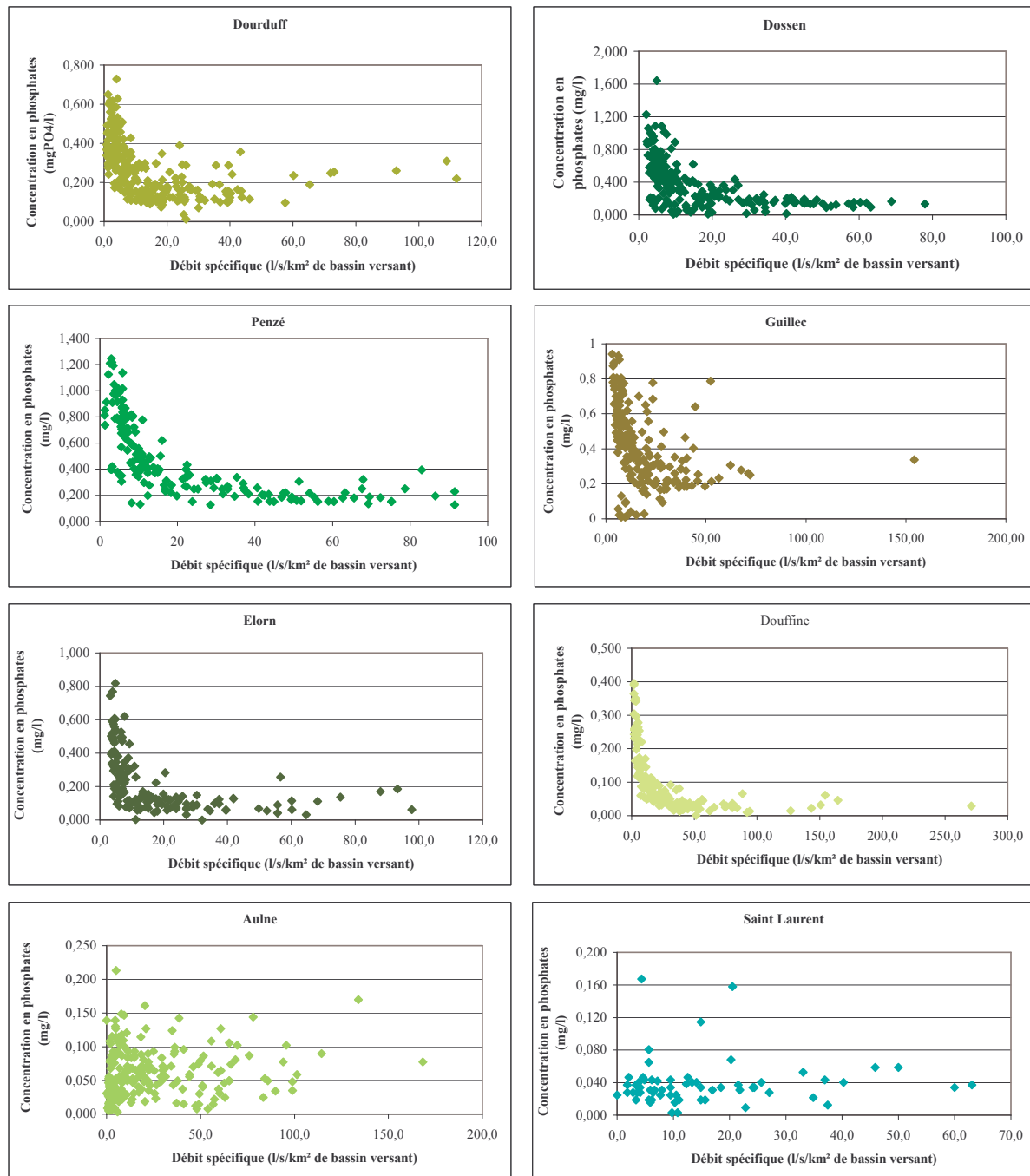


Figure 21. Diagrammes caractéristiques  $C=f(Qspé)$  pour les concentrations en phosphates

Dans la majorité des cas, les concentrations en phosphates diminuent avec le débit. Ces variations sont à mettre en relation avec les phénomènes d'adsorption/désorption des phosphates sur les matières en suspension transportées par les eaux fluviales. De façon générale, la réactivité des orthophosphates vis-à-vis des MES entraînent, en hiver, la diminution de leurs teneurs en fonction du débit, non par dilution mais par adsorption. On peut se demander si le fait de ne pas pouvoir déterminer une allure générale pour les diagrammes caractéristiques de l'Aulne et du Saint Laurent ne tient pas au fait que d'une part les concentrations détectées dans ces deux cours d'eau sont relativement faibles et d'autre part qu'il n'y ait pas de cycle saisonnier à proprement parler (figure 22).

## b) – Variabilité à l'échelle saisonnière

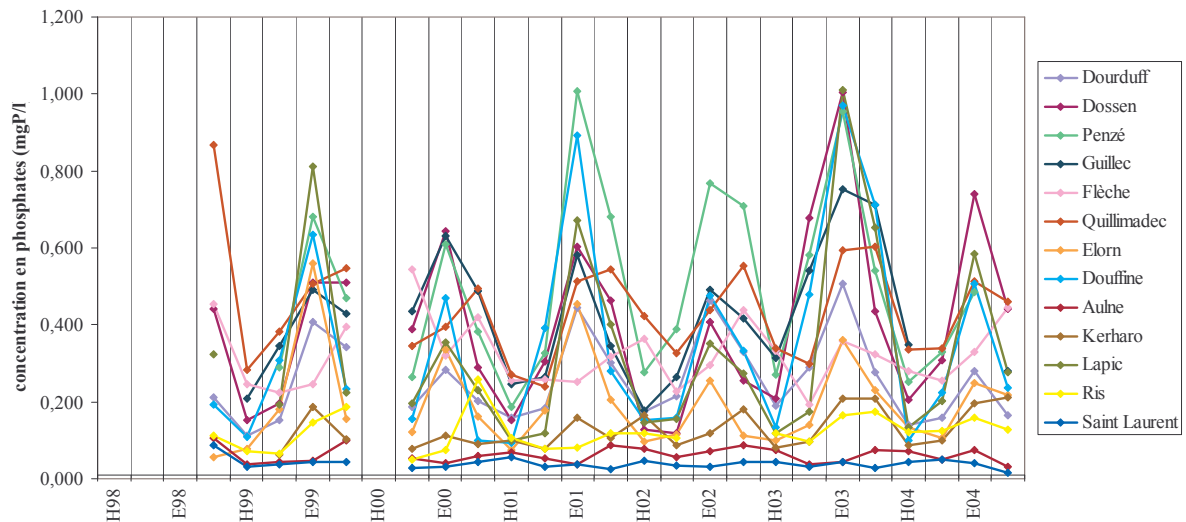


Figure 22. Concentrations moyennes saisonnières en phosphates au cours de la période d'étude

On peut noter l'existence de cycles annuels des concentrations en phosphates pour certaines rivières. Alors que pour les nitrates on observait une augmentation ou une diminution progressive des concentrations au cours de l'année, ici on peut véritablement parler de « pic » des concentrations en été. Dans le cas du Lapic par exemple, l'amplitude de ces pics est très variable d'une année sur l'autre et les concentrations hivernales peuvent être multipliées par 10 en été.

Pour d'autres rivières, on n'observe pas de cycle à proprement parler (Aulne, Saint Laurent, Ris). On constatera que dans ces rivières les concentrations moyennes sont également plus basses : les rivières concernées sont classées en eau de très bonne qualité pour ce paramètre sur l'ensemble de la période d'étude.

Selon C. CANN et al, les concentrations en phosphore des rivières varient très rapidement et avec une grande amplitude en cas de crue. D'après O. FRANCOIS, l'effet des saisons sur le transfert de phosphore (*total ou dissous* ?) est essentiellement lié à la pluviosité, les autres effets seraient marginaux.

Les variations d'orthophosphates observées sur la figure 22 suggèrent la prise en compte de différents facteurs dans la variabilité saisonnière et interannuelle des orthophosphates (tableau 11).

| Saisons   | Concentrations | Facteurs dus aux conditions climatiques |                      |                         | Facteurs biologiques          | Facteurs physicochimiques             |
|-----------|----------------|---|----------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
|           |                | Températures                            | pH - potentiel redox | Débits - Précipitations |                               |                                       |
| Printemps | (+) ↗          | (+) ↗                                   | ↘                    | (-) ↘                   | consommation - minéralisation |                                       |
| Eté       | (++) ↗         | (++) ↗                                  | ↘                    | (-) ↘                   | consommation - minéralisation | mise en suspension                    |
| Automne   | (-) ↘          | (-) ↘                                   | ↗                    | (+) ↗                   | minéralisation                | adsorption, précipitation             |
| Hiver     | (-) →          | (-) ↘                                   | ↗                    | (++) ↗                  |                               | lessivage - adsorption, précipitation |



Tableau 11. Evolution des concentrations en phosphore dissous et facteurs associés

En outre, en été les pluies sont minimales et par voie de conséquence, le lessivage et le transfert de phosphore au cours de façon diffuse aussi. Il faut noter également que, pendant cette période les rejets directs de stations d'épuration et de piscicultures sont maintenus voire en légère hausse pour ce qui est des stations d'épuration en cas de tourisme important. L'Aulne reste un cas particulier puisque celle-ci est canalisée et fonctionne comme une série de petits étangs (alternant cycles d'eutrophisation et de décantation).

### III.3.2. FLUX DE PHOSPHATES

#### III.3.2.1 Flux moyens annuels et évolution

Le tableau 12 et la figure 23 exposent les flux annuels et les flux spécifiques en phosphore dissous pour les années civiles et hydrologiques des différents cours d'eau dont on dispose des mesures de débit.

|               | Flux annuel de phosphates (tP/an) année civile |      |      |      |      | Flux annuel de phosphates (tP/an) année hydrologique |         |         |         |         |
|---------------|--|------|------|------|------|--|---------|---------|---------|---------|
|               | 1999   | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 1998-99  | 2000-01 | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 |
| Dourduff      | 1,7  | 2,7  | 1,9  | 1,3  | 1,5  | 1,8  | 4,1     | 1,6     | 1,4     | 1,5     |
| Dossen        | 10,1   | 10,2 | 6,1  | 8,4  | 10,6 | 3,5  | 4,2     | 2,8     | 9,6     | 8,3     |
| Penzé         | 11,1   | 13,3 | 14,8 | 11,4 | 12,8 | /  | 18,1    | 12,6    | 13,4    | 10,6    |
| Guillec       | 4,7  | 4,1  | 3,3  | 4,3  | /    | 3,9  | 6,8     | 2,3     | 4,4     | /       |
| Elorn         | 9,4  | 8,3  | 9,2  | 5,6  | 8,3  | 9,7  | 13,3    | 7,1     | 8,8     | 6,8     |
| Douffine      | 7,0  | 7,8  | 6,9  | 4,9  | 4,8  | 9,2  | 8,1     | 6,2     | 6,7     | 4,7     |
| Aulne         | 26,7   | 20,4 | 29,0 | 23,1 | 27,3 | 34,1   | 26,6    | 24,9    | 30,7    | 27,9    |
| Saint Laurent | /  | /    | /    | 0,2  | 0,2  | /  | /       | /       | 0,3     | 0,3     |

|               | Flux spécifique de phosphates (tP/an) année civile |       |       |       |       | Flux spécifique de phosphates (tP/an) année hydrologique |         |         |         |         |
|---------------|--|-------|-------|-------|-------|--|---------|---------|---------|---------|
|               | 1999   | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 1998-99  | 2000-01 | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 |
| Dourduff      | 0,023  | 0,036 | 0,025 | 0,017 | 0,020 | 0,024  | 0,055   | 0,021   | 0,019   | 0,019   |
| Dossen        | 0,043  | 0,043 | 0,026 | 0,042 | 0,045 | 0,015  | 0,018   | 0,012   | 0,038   | 0,035   |
| Penzé         | 0,054  | 0,065 | 0,072 | 0,055 | 0,062 | /  | 0,088   | 0,061   | 0,065   | 0,052   |
| Guillec       | 0,064  | 0,055 | 0,044 | 0,058 | /     | 0,052  | 0,092   | 0,031   | 0,059   | /       |
| Elorn         | 0,033  | 0,029 | 0,032 | 0,020 | 0,029 | 0,034  | 0,047   | 0,025   | 0,031   | 0,024   |
| Douffine      | 0,040  | 0,044 | 0,039 | 0,028 | 0,027 | 0,052  | 0,046   | 0,035   | 0,038   | 0,027   |
| Aulne         | 0,015  | 0,011 | 0,016 | 0,013 | 0,015 | 0,019  | 0,015   | 0,014   | 0,017   | 0,016   |
| Saint Laurent | /  | /     | /     | 0,005 | 0,005 | /  | /       | /       | 0,009   | 0,008   |

Tableau 12. Flux annuels et totaux en phosphore dissous (année hydrologique : d'octobre à septembre)

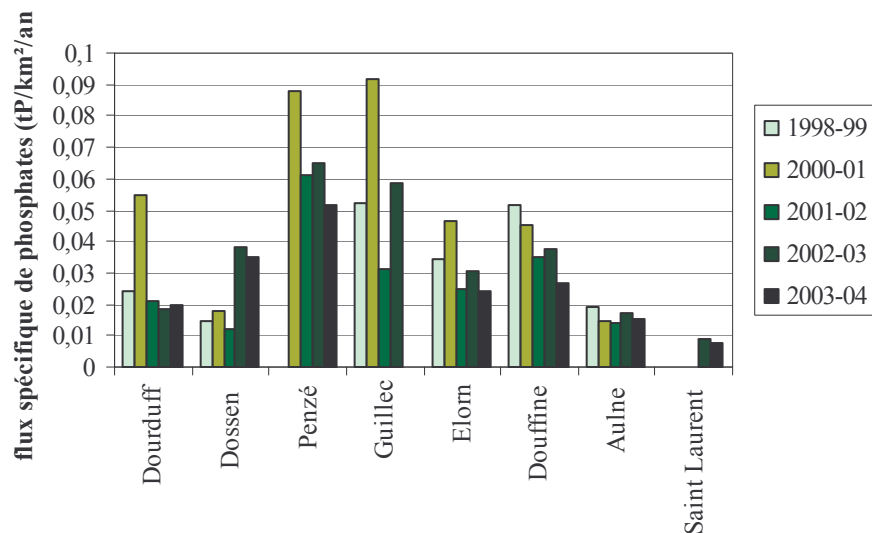


Figure 23. Comparaison des flux spécifiques estimés pour huit cours d'eau

En général, les flux annuels (année civile) ont eu tendance à augmenter. Cependant, cette tendance n'est pas vraie quand on observe les flux en terme d'année hydrologique (excepté pour le Dourduff). Il semble donc que nous soyons toujours en 2004 dans une tendance à la baisse des flux de phosphates.

### III.3.2.2 Variations des flux

La figure 24 expose les variations mensuelles des flux de phosphates pour les huit rivières dont on dispose des mesures de débits.

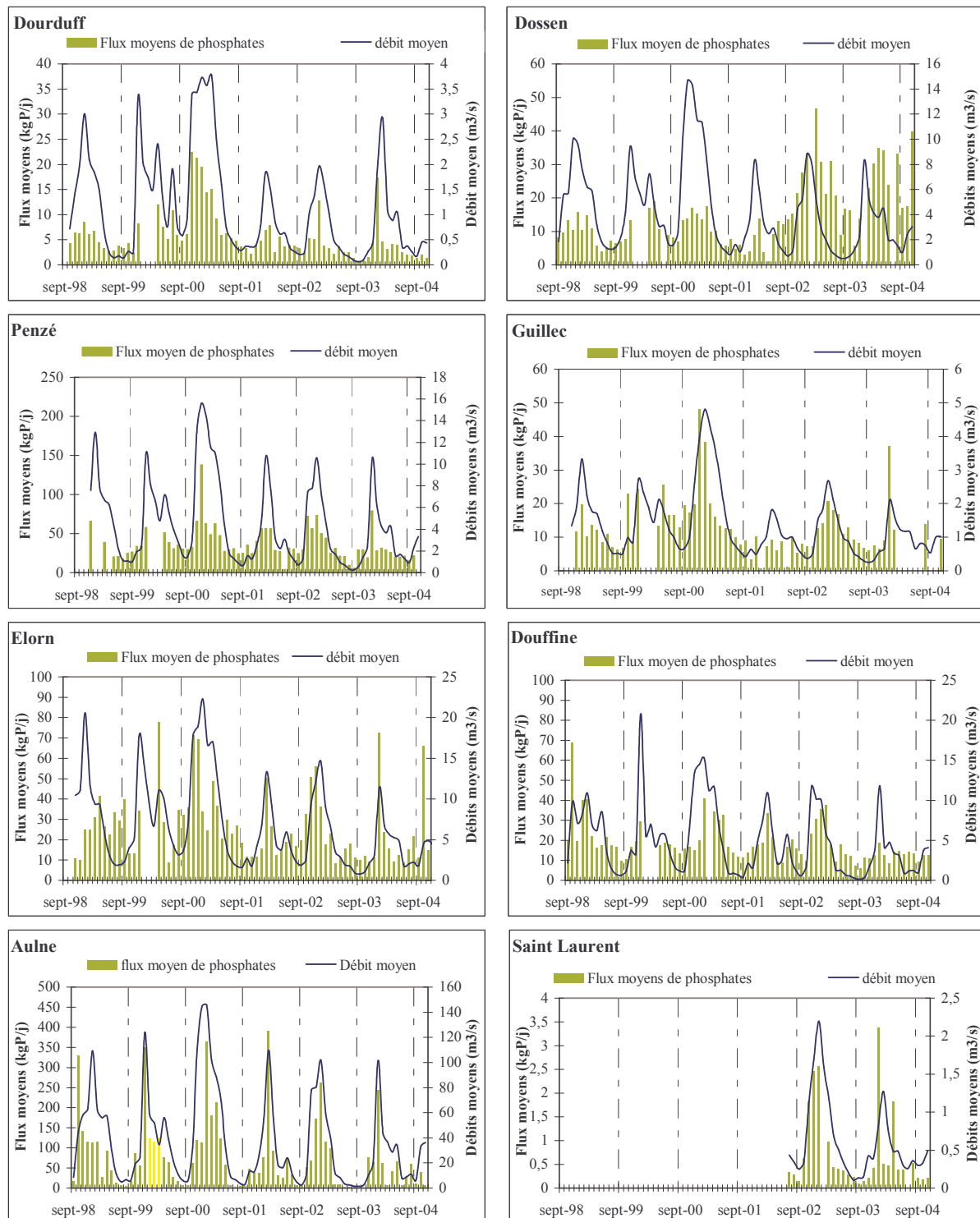


Figure 24. Flux moyens mensuels de phosphates et débits moyens mensuels au cours de la période d'étude

Si les flux sont en général maximaux en hiver, comme nous l'avons constaté pour les deux autres éléments, les flux semblent moins corrélés aux variations des débits pour certaines rivières (Dossen, Elorn).



Les mécanismes de transfert des phosphates vers le milieu aquatique sont donc plus complexes pour les phosphates que pour les nitrates ou les silicates. C'est en effet une molécule très réactive dont les principaux lieux de stockage sont le sol et dont les vecteurs de transfert vers les rivières sont les écoulements de surface. Cette complexité entraîne de fortes variations d'une année sur l'autre, et des tendances générales sur plusieurs années sont parfois difficiles à mettre en évidence.

### III.4. CONCLUSION

Depuis 1998, on voit donc des tendances s'installer concernant les variations interannuelles de concentrations et de flux des éléments. Toutefois, il est important de rappeler qu'un autre type de temps caractéristique, non moins essentiel, ne peut être pris en compte par le réseau ECOFLUX : les grandes tendances se mesurant à l'échelle de quelques décennies. Ainsi donc, la figure suivante met effectivement en évidence une augmentation progressive des flux en nitrates sur l'Elorn :

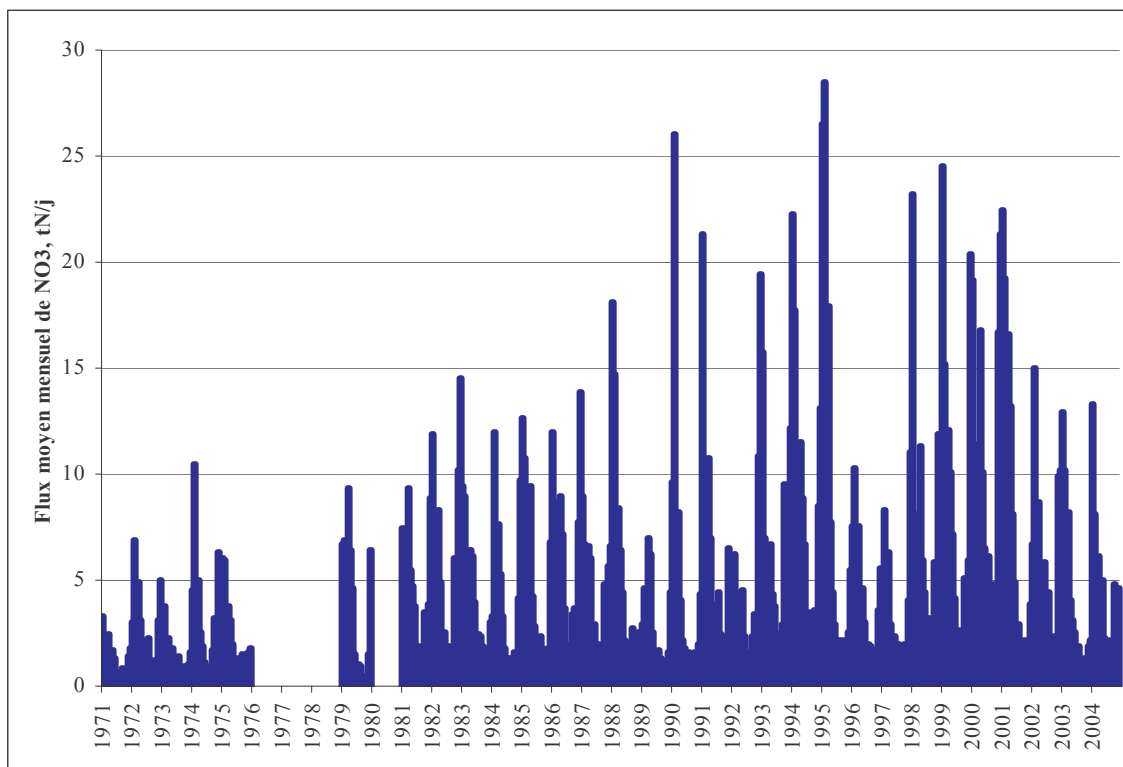


Figure 25. Variabilité des flux de nitrates de 1971 à 2004 (sources : DIREN, DDE, CEO, LEMAR, ECOFLUX)

Cette série à long terme montre également que certaines années, les flux maximaux hivernaux de nitrates peuvent être faibles. Ainsi, durant la dernière décennie, on peut remarquer qu'en 1992, 1996 et 1997, les flux hivernaux restent modérés.

Une récente étude, réalisée par P. AUROUSSEAU & al (2003), met en évidence l'existence de cycles concernant aussi bien les concentrations que les flux de nitrates, et ce, sur 31 bassins versants bretons (figure 26).

## Sur 31 bassins versants de Bretagne qui ont été étudiés

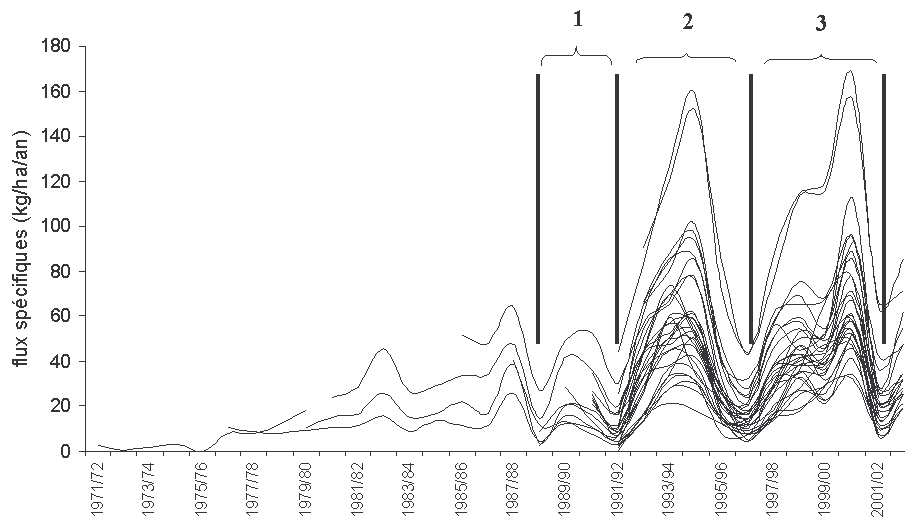


Figure 26. Mise en évidence des cycles de flux sur 31 bassins versants (source : P. AUROUSSEAU & al, 2003)

Le début du réseau ECOFLUX correspond au milieu du troisième cycle.

Ces cycles sont dus à la variabilité climatique notamment liée à l'oscillation Nord Atlantique ou NAO avec des variations de pluviosité entraînant l'alternance d'années plutôt sèches et d'années plus humides. En effet, les résultats précédents ont mis en évidence le rôle important des précipitations dans le transfert des éléments vers le milieu aquatique d'une part, ainsi que dans l'importance quantitative des flux.

ANNEXES :

- ✓ Annexe I : articles de presse
- ✓ Annexe II : résultats bruts pour les 13 rivières suivies depuis janvier 2004
- ✓ Annexe III : résultats des tests statistiques effectués sur les moyennes annuelles
- ✓ Annexe IV : classifications des rivières en bassin versant (selon le BRGM)

**ANNEXE I**  
**Articles de presse**







**ANNEXE II**  
**Résultats bruts par rivières depuis janvier 2004**



## Dourduff

| Date       | Nitrates<br>(mg/l) | Silicates<br>(mgSiO2/l) | Phosphates<br>(mgP/l) | Phosphates<br>(mgPO4---/l) | Débits à<br>Garlan | Débits m3/s<br>(correction) | Flux nitrates<br>(tNO3/j) | Flux silicates<br>(tSiO2/j) | Flux<br>phosphates<br>(kg PO4---/j) |
|------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 05/01/2004 | 39                 | 14,3                    | 0,046                 | 0,142                      | 0,368              | 0,613                       | 2,067                     | 0,759                       | 7,549                               |
| 12/01/2004 | 24                 | 11,0                    | 0,093                 | 0,288                      | 1,170              | 1,950                       | 4,044                     | 1,858                       | 48,522                              |
| 19/01/2004 | 48                 | 11,5                    | 0,004                 | 0,012                      | 1,170              | 1,950                       | 8,087                     | 1,935                       | 2,087                               |
| 26/01/2004 | 20                 | 7,8                     | 0,084                 | 0,260                      | 4,180              | 6,967                       | 12,038                    | 4,701                       | 156,577                             |
| 02/02/2004 | 46                 | 11,3                    | 0,045                 | 0,139                      | 1,160              | 1,933                       | 7,684                     | 1,887                       | 23,278                              |
| 16/02/2004 | 47                 | 12,5                    | 0,042                 | 0,130                      | 0,604              | 1,007                       | 4,088                     | 1,089                       | 11,312                              |
| 23/02/2004 | 47                 | 12,3                    | 0,039                 | 0,121                      | 0,519              | 0,865                       | 3,513                     | 0,920                       | 9,026                               |
| 01/03/2004 | 31                 | 11,3                    | 0,024                 | 0,074                      | 0,816              | 1,360                       | 3,643                     | 1,328                       | 8,733                               |
| 08/03/2004 | 41                 | 11,4                    | 0,031                 | 0,096                      | 0,611              | 1,018                       | 3,607                     | 1,002                       | 8,446                               |
| 15/03/2004 | 39                 | 11,0                    | 0,036                 | 0,111                      | 0,612              | 1,020                       | 3,437                     | 0,970                       | 9,825                               |
| 22/03/2004 | 31                 | 10,8                    | 0,041                 | 0,127                      | 0,761              | 1,268                       | 3,397                     | 1,183                       | 13,914                              |
| 29/03/2004 | 41                 | 10,8                    | 0,033                 | 0,102                      | 0,528              | 0,880                       | 3,117                     | 0,819                       | 7,770                               |
| 04/04/2004 | 34                 | 10,0                    | 0,044                 | 0,136                      | 0,634              | 1,057                       | 3,104                     | 0,909                       | 12,440                              |
| 12/04/2004 | 40                 | 9,9                     | 0,035                 | 0,108                      | 0,404              | 0,673                       | 2,327                     | 0,576                       | 6,306                               |
| 19/04/2004 | 31                 | 10,7                    | 0,048                 | 0,149                      | 0,658              | 1,097                       | 2,937                     | 1,010                       | 14,084                              |
| 28/04/2004 | 25                 | 10,4                    | 0,053                 | 0,164                      | 0,786              | 1,310                       | 2,830                     | 1,180                       | 18,577                              |
| 03/05/2004 | 36                 | 11,6                    | 0,048                 | 0,149                      | 0,699              | 1,165                       | 3,624                     | 1,165                       | 14,962                              |
| 10/05/2004 | 41                 | 10,9                    | 0,044                 | 0,136                      | 0,780              | 1,300                       | 4,605                     | 1,229                       | 15,305                              |
| 17/05/2004 | 41                 | 11,6                    | 0,044                 | 0,136                      | 0,511              | 0,852                       | 3,017                     | 0,850                       | 10,026                              |
| 24/05/2004 | 48                 | 12,2                    | 0,054                 | 0,167                      | 0,386              | 0,643                       | 2,668                     | 0,676                       | 9,295                               |
| 01/06/2004 | 37                 | 12,2                    | 0,072                 | 0,223                      | 0,329              | 0,548                       | 1,753                     | 0,578                       | 10,563                              |
| 07/06/2004 | 45                 | 13,0                    | 0,072                 | 0,223                      | 0,246              | 0,410                       | 1,594                     | 0,460                       | 7,898                               |
| 14/06/2004 | 47                 | 12,9                    | 0,081                 | 0,251                      | 0,200              | 0,333                       | 1,354                     | 0,373                       | 7,224                               |
| 21/06/2004 | 44                 | 12,8                    | 0,079                 | 0,245                      | 0,183              | 0,305                       | 1,159                     | 0,338                       | 6,447                               |
| 05/07/2004 | 34                 | 12,9                    | 0,086                 | 0,266                      | 0,199              | 0,332                       | 0,974                     | 0,370                       | 7,632                               |
| 12/07/2004 | 38                 | 13,4                    | 0,076                 | 0,235                      | 0,228              | 0,380                       | 1,248                     | 0,439                       | 7,727                               |
| 19/07/2004 | 43                 | 13,7                    | 0,068                 | 0,211                      | 0,147              | 0,245                       | 0,910                     | 0,291                       | 4,458                               |
| 26/07/2004 | 46                 | 13,9                    | 0,090                 | 0,279                      | 0,137              | 0,228                       | 0,907                     | 0,274                       | 5,498                               |
| 02/08/2004 | 46                 | 14,0                    | 0,117                 | 0,362                      | 0,116              | 0,193                       | 0,768                     | 0,233                       | 6,052                               |
| 09/08/2004 | 45                 | 13,9                    | 0,105                 | 0,325                      | 0,108              | 0,180                       | 0,700                     | 0,217                       | 5,057                               |
| 16/08/2004 | 35                 | 13,0                    | #N/A                  | #N/A                       | 0,338              | 0,563                       | 1,704                     | 0,635                       | #N/A                                |
| 23/08/2004 | 38                 | 14,3                    | 0,104                 | 0,322                      | 0,145              | 0,242                       | 0,793                     | 0,298                       | 6,725                               |
| 30/08/2004 | 36                 | 14,4                    | 0,093                 | 0,288                      | 0,138              | 0,230                       | 0,715                     | 0,286                       | 5,723                               |
| 06/09/2004 | 32                 | 13,0                    | 0,063                 | 0,195                      | 0,108              | 0,180                       | 0,498                     | 0,202                       | 3,034                               |
| 13/09/2004 | 39                 | 13,4                    | #N/A                  | #N/A                       | 0,126              | 0,210                       | 0,708                     | 0,243                       | #N/A                                |
| 20/09/2004 | 43                 | 13,9                    | 0,112                 | 0,347                      | 0,101              | 0,168                       | 0,625                     | 0,202                       | 5,044                               |
| 27/09/2004 | 37                 | 14,3                    | 0,098                 | 0,303                      | 0,103              | 0,172                       | 0,549                     | 0,211                       | 4,501                               |
| 04/10/2004 | 40                 | 13,6                    | 0,077                 | 0,238                      | 0,102              | 0,170                       | 0,588                     | 0,200                       | 3,502                               |
| 11/10/2004 | 28                 | 14,8                    | 0,095                 | 0,294                      | 0,171              | 0,285                       | 0,689                     | 0,365                       | 7,244                               |
| 19/10/2004 | 27                 | 14,7                    | 0,074                 | 0,229                      | 0,213              | 0,355                       | 0,828                     | 0,452                       | 7,029                               |
| 26/10/2004 | 35                 | 14,3                    | 0,057                 | 0,177                      | 0,276              | 0,460                       | 1,391                     | 0,568                       | 7,015                               |
| 02/11/2004 | 35                 | 14,2                    | 0,053                 | 0,164                      | 0,247              | 0,412                       | 1,245                     | 0,505                       | 5,838                               |
| 10/11/2004 | 26                 | 12,7                    | 0,029                 | 0,090                      | 0,553              | 0,922                       | 2,070                     | 1,011                       | 7,151                               |
| 15/11/2004 | 34                 | 14,5                    | 0,016                 | 0,050                      | 0,235              | 0,392                       | 1,151                     | 0,491                       | 1,677                               |
| 23/11/2004 | 33                 | 15,0                    | 0,021                 | 0,065                      | 0,249              | 0,415                       | 1,183                     | 0,538                       | 2,332                               |
| 29/11/2004 | 28                 | 15,0                    | 0,042                 | 0,130                      | 0,254              | 0,423                       | 1,024                     | 0,548                       | 4,757                               |
| 06/12/2004 | 40                 | 15,2                    | 0,031                 | 0,096                      | 0,195              | 0,325                       | 1,123                     | 0,428                       | 2,696                               |

## Dossen

| Date       | Nitrates<br>(mg/l) | Silicates<br>(mgSiO <sub>2</sub> /l) | Phosphates<br>(mgP/l) | Phosphates<br>(mgPO <sub>4</sub> ---/l) | Débits m <sup>3</sup> /s | Flux nitrates<br>(tNO <sub>3</sub> /j) | Flux silicates<br>(tSiO <sub>2</sub> /j) | Flux phosphates<br>(kgPO <sub>4</sub> ---/j) |
|------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|---|--------------------------|--|--|--|
| 20/02/2004 | 33                 | 12,0                                 | 0,074                 | 0,229                                   | 3,608                    | 10,288                                 | 3,752                                    | 71,445                                       |
| 01/03/2004 | 27                 | 12,1                                 | 0,073                 | 0,226                                   | 3,991                    | 9,309                                  | 4,158                                    | 77,945                                       |
| 08/03/2004 | 28                 | 12,0                                 | 0,095                 | 0,294                                   | 3,677                    | 8,896                                  | 3,806                                    | 93,473                                       |
| 15/03/2004 | 27                 | 12,1                                 | 0,077                 | 0,238                                   | 4,189                    | 9,771                                  | 4,378                                    | 86,296                                       |
| 22/03/2004 | 27                 | 11,7                                 | 0,092                 | 0,285                                   | 5,069                    | 11,824                                 | 5,145                                    | 124,769                                      |
| 23/03/2004 | 31                 | 10,8                                 | 0,077                 | 0,238                                   | 4,891                    | 13,099                                 | 4,563                                    | 100,760                                      |
| 29/03/2004 | 30                 | 10,9                                 | 0,079                 | 0,245                                   | 3,793                    | 9,832                                  | 3,583                                    | 80,177                                       |
| 06/04/2004 | 28                 | 12,4                                 | 0,076                 | 0,235                                   | 3,684                    | 8,911                                  | 3,947                                    | 74,903                                       |
| 13/04/2004 | 24                 | 9,9                                  | 0,137                 | 0,424                                   | 3,194                    | 6,623                                  | 2,745                                    | 117,075                                      |
| 20/04/2004 | 25                 | 10,3                                 | 0,132                 | 0,409                                   | 3,639                    | 7,860                                  | 3,250                                    | 128,516                                      |
| 27/04/2004 | 25                 | 10,8                                 | 0,123                 | 0,381                                   | 3,420                    | 7,386                                  | 3,201                                    | 112,540                                      |
| 04/05/2004 | 26                 | 11,1                                 | 0,115                 | 0,356                                   | 4,645                    | 10,433                                 | 4,456                                    | 142,910                                      |
| 11/05/2004 | 29                 | 12,7                                 | 0,064                 | 0,198                                   | 5,418                    | 13,574                                 | 5,938                                    | 92,770                                       |
| 18/05/2004 | 26                 | 11,7                                 | 0,107                 | 0,331                                   | 3,722                    | 8,361                                  | 3,771                                    | 106,553                                      |
| 25/05/2004 | 27                 | 11,8                                 | 0,101                 | 0,313                                   | 3,038                    | 7,087                                  | 3,096                                    | 82,101                                       |
| 01/06/2004 | 28                 | 12,2                                 | 0,094                 | 0,291                                   | 2,947                    | 7,129                                  | 3,108                                    | 74,116                                       |
| 09/07/2004 | 28                 | 12,6                                 | #N/A                  | #N/A                                    | 2,653                    | 6,419                                  | 2,877                                    | #N/A   |
| 16/07/2004 | 29                 | 12,7                                 | #N/A                  | #N/A                                    | 1,750                    | 4,385                                  | 1,920                                    | #N/A   |
| 28/07/2004 | 34                 | 13,0                                 | #N/A                  | #N/A                                    | 1,066                    | 3,130                                  | 1,201                                    | #N/A   |
| 04/08/2004 | 33                 | 13,3                                 | 0,219                 | 0,678                                   | 1,161                    | 3,311                                  | 1,330                                    | 68,040                                       |
| 11/08/2004 | 31                 | 12,5                                 | 0,251                 | 0,777                                   | 2,110                    | 5,652                                  | 2,270                                    | 141,715                                      |
| 20/08/2004 | 26                 | 12,5                                 | 0,257                 | 0,796                                   | 2,110                    | 4,740                                  | 2,276                                    | 145,102                                      |
| 23/08/2004 | 32                 | 12,7                                 | 0,210                 | 0,650                                   | 1,408                    | 3,894                                  | 1,543                                    | 79,137                                       |
| 27/08/2004 | 32                 | 13,0                                 | 0,232                 | 0,718                                   | 1,318                    | 3,644                                  | 1,482                                    | 81,819                                       |
| 01/09/2004 | 29                 | 13,1                                 | 0,252                 | 0,780                                   | 1,121                    | 2,808                                  | 1,264                                    | 75,569                                       |
| 08/09/2004 | 28                 | 12,5                                 | 0,250                 | 0,774                                   | 0,961                    | 2,324                                  | 1,039                                    | 64,265                                       |
| 14/09/2004 | 25                 | 12,2                                 | #N/A                  | #N/A                                    | 1,214                    | 2,623                                  | 1,284                                    | #N/A   |
| 17/09/2004 | 27                 | 13,1                                 | 0,121                 | 0,375                                   | 0,932                    | 2,173                                  | 1,058                                    | 30,163                                       |
| 24/09/2004 | 27                 | 13,0                                 | 0,127                 | 0,393                                   | 1,172                    | 2,733                                  | 1,313                                    | 39,814                                       |
| 02/10/2004 | 28                 | 13,4                                 | 0,092                 | 0,285                                   | 0,892                    | 2,159                                  | 1,031                                    | 21,965                                       |
| 07/10/2004 | 29                 | 13,2                                 | 0,196                 | 0,607                                   | 0,893                    | 2,237                                  | 1,015                                    | 46,816                                       |
| 13/10/2004 | 22                 | 13,0                                 | 0,179                 | 0,554                                   | 1,487                    | 2,827                                  | 1,676                                    | 71,227                                       |
| 18/10/2004 | 27                 | 12,2                                 | 0,065                 | 0,201                                   | 1,788                    | 4,171                                  | 1,885                                    | 31,099                                       |
| 25/10/2004 | 30                 | 11,9                                 | 0,110                 | 0,341                                   | 3,395                    | 8,799                                  | 3,505                                    | 99,915                                       |
| 01/11/2004 | 26                 | 12,5                                 | 0,164                 | 0,508                                   | 3,183                    | 7,150                                  | 3,430                                    | 139,661                                      |
| 08/11/2004 | 29                 | 13,2                                 | 0,190                 | 0,588                                   | 2,959                    | 7,414                                  | 3,370                                    | 150,417                                      |
| 15/11/2004 | 28                 | 12,4                                 | 0,158                 | 0,489                                   | 2,906                    | 7,031                                  | 3,103                                    | 122,862                                      |
| 22/11/2004 | 28                 | 12,7                                 | 0,108                 | 0,334                                   | 2,799                    | 6,771                                  | 3,071                                    | 80,882                                       |
| 01/12/2004 | 27                 | 13,1                                 | 0,113                 | 0,350                                   | 2,526                    | 5,892                                  | 2,867                                    | 76,366                                       |

## Penzé

| Date       | Nitrates (mg/l) | Silicates (mg SiO2/l) | Phosphates (mgP/l) | Phosphates (mgPO4---/l) | Débits m3/s à Penhoat | Débits (correction) | Flux NO3 (tNO3/j) | Flux silicates (tSiO2/j) | Flux phosphates (kg PO4---/j) |
|------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 03/01/2004 | 39              | 11,5                  | 0,063              | 0,195                   | 2,800                 | 4,091               | 13,784            | 4,070                    | 68,956                        |
| 06/01/2004 | 41              | 11,5                  | 0,080              | 0,248                   | 2,380                 | 3,477               | 12,318            | 3,446                    | 74,428                        |
| 11/01/2004 | 55              | 10,6                  | 0,050              | 0,155                   | 5,740                 | 8,386               | 39,851            | 7,667                    | 112,190                       |
| 26/01/2004 | 35              | 8,4                   | 0,127              | 0,394                   | 11,700                | 17,094              | 51,691            | 12,401                   | 582,093                       |
| 31/01/2004 | 45              | 9,4                   | 0,104              | 0,321                   | 9,570                 | 13,982              | 54,361            | 11,357                   | 388,198                       |
| 09/02/2004 | 58              | 11,1                  | 0,062              | 0,192                   | 4,900                 | 7,159               | 35,875            | 6,856                    | 118,985                       |
| 20/02/2004 | 59              | 11,9                  | 0,071              | 0,220                   | 2,580                 | 3,769               | 19,215            | 3,865                    | 71,606                        |
| 25/02/2004 | 58              | 11,6                  | 0,075              | 0,233                   | 2,380                 | 3,477               | 17,425            | 3,491                    | 69,971                        |
| 02/03/2004 | 48              | 10,1                  | 0,090              | 0,279                   | 2,330                 | 3,404               | 14,118            | 2,979                    | 81,973                        |
| 13/03/2004 | 57              | 11,0                  | 0,087              | 0,269                   | 3,100                 | 4,529               | 22,305            | 4,288                    | 105,427                       |
| 21/03/2004 | 47              | 10,2                  | 0,089              | 0,276                   | 3,480                 | 5,084               | 20,646            | 4,480                    | 121,071                       |
| 26/03/2004 | 49              | 9,9                   | 0,068              | 0,211                   | 3,180                 | 4,646               | 19,669            | 3,973                    | 84,529                        |
| 23/04/2004 | 43              | 9,9                   | 0,108              | 0,334                   | 2,140                 | 3,127               | 11,616            | 2,677                    | 90,346                        |
| 12/05/2004 | 61              | 11,2                  | 0,050              | 0,155                   | 3,610                 | 5,274               | 27,797            | 5,091                    | 70,558                        |
| 26/05/2004 | 54              | 10,9                  | 0,122              | 0,378                   | 1,890                 | 2,761               | 12,883            | 2,597                    | 90,135                        |
| 04/06/2004 | 50              | 12,5                  | 0,149              | 0,461                   | 1,370                 | 2,002               | 8,647             | 2,167                    | 79,702                        |
| 09/06/2004 | 45              | 12,5                  | 0,151              | 0,468                   | 1,110                 | 1,622               | 6,305             | 1,755                    | 65,606                        |
| 24/06/2004 | 49              | 12,2                  | 0,105              | 0,325                   | 0,983                 | 1,436               | 6,080             | 1,515                    | 40,317                        |
| 10/07/2004 | 46              | 12,6                  | 0,156              | 0,482                   | 1,320                 | 1,929               | 7,665             | 2,107                    | 80,314                        |
| 13/07/2004 | 48              | 12,6                  | 0,102              | 0,316                   | 1,130                 | 1,651               | 6,847             | 1,798                    | 45,056                        |
| 21/07/2004 | 47              | 12,9                  | 0,189              | 0,587                   | 0,838                 | 1,224               | 4,972             | 1,368                    | 62,065                        |
| 12/08/2004 | 45              | 12,4                  | 0,176              | 0,545                   | 0,954                 | 1,394               | 5,419             | 1,487                    | 65,666                        |
| 06/09/2004 | 51              | 12,5                  | 0,212              | 0,657                   | 0,592                 | 0,865               | 3,811             | 0,937                    | 49,089                        |
| 02/10/2004 | 49              | 13,2                  | 0,191              | 0,592                   | 0,615                 | 0,899               | 3,804             | 1,025                    | 45,924                        |
| 07/10/2004 | 50              | 12,8                  | 0,225              | 0,698                   | 0,582                 | 0,850               | 3,673             | 0,937                    | 51,259                        |
| 21/10/2004 | 28              | 11,6                  | 0,126              | 0,389                   | 2,120                 | 3,097               | 7,493             | 3,096                    | 104,159                       |

## Guillec

| Date       | Nitrates (mg/l) | Silicates (mg SiO2/l) | Phosphates (mgP/l) | Phosphates (mgPO4---/l) | Débits à Trézilidé | Débits m3/s (corrigés) | Flux nitrates (tNO3/j) | Flux silicates (tSiO2/j) | Flux phosphates (kg PO4---/j) |
|------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 20/01/2004 | 77              | 13,8                  | 0,099              | 0,307                   | 1,030              | 1,773                  | 11,792                 | 2,108                    | 46,953                        |
| 27/01/2004 | 26              | 7,1                   | 0,207              | 0,641                   | 1,920              | 3,304                  | 7,423                  | 2,017                    | 183,003                       |
| 03/02/2004 | 78              | 13,5                  | 0,102              | 0,316                   | 1,180              | 2,031                  | 13,685                 | 2,372                    | 55,420                        |
| 13/02/2004 | 85              | 13,9                  | 0,079              | 0,246                   | 0,867              | 1,492                  | 10,958                 | 1,791                    | 31,687                        |
| 18/02/2004 | 86              | 13,8                  | 0,086              | 0,265                   | 0,773              | 1,330                  | 9,885                  | 1,581                    | 30,475                        |
| 24/02/2004 | 86              | 13,9                  | 0,103              | 0,318                   | 0,701              | 1,206                  | 8,964                  | 1,446                    | 33,111                        |
| 08/03/2004 | #N/A            | 9,4                   | #N/A               | #N/A                    | 0,671              | 1,155                  | #N/A                   | 0,933                    | #N/A                          |
| 17/03/2004 | #N/A            | 12,4                  | #N/A               | #N/A                    | 0,635              | 1,093                  | #N/A                   | 1,167                    | #N/A                          |
| 28/03/2004 | #N/A            | 12,4                  | #N/A               | #N/A                    | 0,663              | 1,141                  | #N/A                   | 1,223                    | #N/A                          |
| 03/04/2004 | #N/A            | 9,4                   | #N/A               | #N/A                    | 0,648              | 1,115                  | #N/A                   | 0,905                    | #N/A                          |
| 15/04/2004 | #N/A            | 10,7                  | #N/A               | #N/A                    | 0,521              | 0,897                  | #N/A                   | 0,828                    | #N/A                          |
| 11/08/2004 | 68              | 11,9                  | 0,223              | 0,691                   | 0,399              | 0,687                  | 4,034                  | 0,709                    | 40,970                        |
| 18/08/2004 | 38              | 12,4                  | 0,153              | 0,474                   | 0,705              | 1,213                  | 3,983                  | 1,298                    | 49,667                        |
| 25/08/2004 | 82              | 14,7                  | 0,187              | 0,579                   | 0,434              | 0,747                  | 5,292                  | 0,950                    | 37,370                        |
| 08/11/2004 | 82              | 13,9                  | 0,096              | 0,297                   | 0,573              | 0,986                  | 6,986                  | 1,180                    | 25,329                        |
| 15/11/2004 | 81              | 14,0                  | 0,095              | 0,294                   | 0,581              | 1,000                  | 6,997                  | 1,206                    | 25,415                        |
| 29/11/2004 | 81              | 13,6                  | 0,141              | 0,437                   | 0,561              | 0,965                  | 6,757                  | 1,137                    | 36,422                        |
| 06/12/2004 | 86              | 15,0                  | 0,030              | 0,093                   | 0,501              | 0,862                  | 6,406                  | 1,120                    | 6,921                         |

## Flèche

| Date       | Nitrates<br>(mg/l) | Silicates (mg<br>SiO2/l) | Phosphates<br>(mgP/l) | Phosphates<br>(mgPO4---/l) |
|------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 12/01/2004 | 41                 | 12,7                     | 0,140                 | 0,434                      |
| 25/01/2004 | 67                 | 14,2                     | 0,096                 | 0,297                      |
| 10/02/2004 | 58                 | 14,4                     | 0,062                 | 0,192                      |
| 20/02/2004 | 70                 | 14,5                     | 0,058                 | 0,179                      |
| 25/02/2004 | 62                 | 13,9                     | 0,057                 | 0,176                      |
| 07/03/2004 | 62                 | 13,2                     | 0,061                 | 0,189                      |
| 15/03/2004 | 42                 | 10,5                     | 0,133                 | 0,412                      |
| 23/03/2004 | 57                 | 12,3                     | 0,087                 | 0,269                      |
| 29/03/2004 | 67                 | 11,7                     | 0,032                 | 0,099                      |
| 05/04/2004 | 58                 | 12,6                     | 0,082                 | 0,254                      |
| 14/04/2004 | 70                 | 9,0                      | 0,014                 | 0,043                      |
| 21/04/2004 | 24                 | 8,0                      | 0,253                 | 0,783                      |
| 27/04/2004 | 66                 | 10,9                     | 0,051                 | 0,158                      |
| 06/05/2004 | 24                 | 8,1                      | 0,124                 | 0,384                      |
| 11/05/2004 | 47                 | 13,7                     | 0,079                 | 0,245                      |
| 20/05/2004 | 72                 | 11,1                     | 0,074                 | 0,229                      |
| 28/05/2004 | 72                 | 10,0                     | 0,050                 | 0,155                      |
| 04/06/2004 | 72                 | 12,5                     | 0,072                 | 0,223                      |
| 11/06/2004 | 73                 | 12,7                     | 0,092                 | 0,285                      |
| 19/06/2004 | 74                 | 13,6                     | 0,063                 | 0,195                      |
| 26/06/2004 | 71                 | 14,4                     | 0,087                 | 0,269                      |
| 03/07/2004 | 71                 | 14,2                     | 0,084                 | 0,260                      |
| 10/07/2004 | 62                 | 15,0                     | 0,117                 | 0,362                      |
| 19/07/2004 | 69                 | 15,2                     | 0,086                 | 0,266                      |
| 27/07/2004 | 72                 | 14,5                     | 0,074                 | 0,229                      |
| 03/08/2004 | 71                 | 13,4                     | 0,070                 | 0,217                      |
| 10/08/2004 | 69                 | 14,0                     | 0,083                 | 0,257                      |
| 18/08/2004 | 27                 | 12,9                     | 0,264                 | 0,818                      |
| 25/08/2004 | 60                 | 15,9                     | 0,129                 | 0,399                      |
| 31/08/2004 | 67                 | 15,9                     | #N/A                  | #N/A                       |
| 08/09/2004 | 67                 | 15,1                     | 0,090                 | 0,279                      |
| 15/09/2004 | 66                 | 14,6                     | 0,084                 | 0,259                      |
| 22/09/2004 | 69                 | 14,1                     | 0,065                 | 0,202                      |
| 29/09/2004 | 70                 | 12,5                     | 0,068                 | 0,211                      |
| 07/10/2004 | 70                 | 11,9                     | 0,066                 | 0,203                      |
| 14/10/2004 | 47                 | 14,0                     | 0,217                 | 0,671                      |
| 21/10/2004 | 31                 | 13,3                     | 0,285                 | 0,883                      |
| 29/10/2004 | 22                 | 10,0                     | 0,332                 | 1,028                      |
| 04/11/2004 | 61                 | 16,4                     | 0,110                 | 0,341                      |
| 11/11/2004 | 41                 | 13,8                     | 0,189                 | 0,585                      |
| 18/11/2004 | 63                 | 16,4                     | 0,087                 | 0,269                      |
| 26/11/2004 | 64                 | 16,8                     | 0,091                 | 0,282                      |
| 04/12/2004 | 66                 | 16,9                     | 0,073                 | 0,226                      |

## Quillimadec

| Date       | Nitrates<br>(mg/l) | Silicates (mg<br>SiO2/l) | Phosphates<br>(mgP/l) | Phosphates<br>(mgPO4---/l) |
|------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 05/01/2004 | 49                 | 11,9                     | 0,106                 | 0,328                      |
| 16/01/2004 | 34                 | 12,9                     | 0,193                 | 0,598                      |
| 24/02/2004 | 58                 | 15,9                     | 0,096                 | 0,297                      |
| 26/02/2004 | 53                 | 15,7                     | 0,097                 | 0,300                      |
| 02/03/2004 | 56                 | 15,3                     | 0,078                 | 0,242                      |
| 12/03/2004 | 49                 | 14,0                     | 0,090                 | 0,279                      |
| 18/03/2004 | 53                 | 14,6                     | 0,099                 | 0,307                      |
| 24/03/2004 | 44                 | 13,3                     | 0,134                 | 0,415                      |
| 31/03/2004 | 59                 | 14,0                     | 0,080                 | 0,248                      |
| 09/04/2004 | 56                 | 12,7                     | 0,052                 | 0,161                      |
| 16/04/2004 | 62                 | 11,5                     | 0,036                 | 0,111                      |
| 21/04/2004 | 20                 | 8,8                      | 0,175                 | 0,542                      |
| 30/04/2004 | 23                 | 9,9                      | 0,108                 | 0,334                      |
| 30/06/2004 | 63                 | 14,6                     | 0,182                 | 0,564                      |
| 15/06/2004 | 62                 | 15,6                     | #N/A                  | #N/A                       |
| 08/07/2004 | 22                 | 9,3                      | 0,359                 | 1,111                      |
| 15/07/2004 | 57                 | 16,2                     | 0,122                 | 0,379                      |
| 20/07/2004 | 59                 | 16,0                     | 0,112                 | 0,346                      |
| 30/07/2004 | 64                 | 16,1                     | 0,118                 | 0,367                      |
| 06/08/2004 | 65                 | 15,9                     | 0,120                 | 0,372                      |
| 11/08/2004 | 63                 | 15,2                     | 0,132                 | 0,410                      |
| 18/08/2004 | 38                 | 16,0                     | 0,234                 | 0,726                      |
| 25/08/2004 | 52                 | 17,3                     | 0,199                 | 0,616                      |
| 31/08/2004 | 58                 | 17,1                     | 0,105                 | 0,326                      |
| 08/09/2004 | 59                 | 16,6                     | 0,131                 | 0,406                      |
| 14/09/2004 | 56                 | #N/A                     | 0,204                 | 0,632                      |
| 20/09/2004 | 59                 | 16,9                     | 0,132                 | 0,409                      |
| 27/09/2004 | 59                 | 16,7                     | #N/A                  | #N/A                       |
| 08/10/2004 | 65                 | 16,5                     | 0,124                 | 0,384                      |
| 18/10/2004 | 46                 | 17,2                     | #N/A                  | #N/A                       |
| 22/10/2004 | 36                 | 16,5                     | #N/A                  | #N/A                       |
| 04/11/2004 | 44                 | 17,1                     | 0,174                 | 0,539                      |

## Elorn

| Date       | Nitrates (Réseau) | Nitrates (CUB) mg/l | Silicates (mgSiO <sub>2</sub> /l) | Phosphates (mgP/l) | Phosphates (mgPO <sub>4</sub> ---/l) | Débits m <sup>3</sup> /s à Pont ar Bled | Flux nitrates CUB (tNo <sub>3</sub> /j) | Flux silicates (t SiO <sub>2</sub> /j) | Flux phosphates (kg PO <sub>4</sub> ---/j) |
|------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---|---|--|--|
| 03/01/2004 | 40                | 36,0                | 8,894                             | 0,031              | 0,096                                | 4,700                                   | 14,619                                  | 3,612                                  | 38,984                                     |
| 09/01/2004 | 34                | 31,0                | 8,454                             | 0,033              | 0,102                                | 8,440                                   | 22,606                                  | 6,165                                  | 74,521                                     |
| 14/01/2004 | 34                | 27,0                | 7,316                             | 0,059              | 0,184                                | 17,140                                  | 39,984                                  | 10,834                                 | 272,599                                    |
| 26/01/2004 | 22                | 38,0                | 6,419                             | 0,099              | 0,308                                | 24,560                                  | 80,635                                  | 13,621                                 | 652,577                                    |
| 30/01/2004 | 43                | 40,0                | 8,802                             | 0,033              | 0,102                                | 9,360                                   | 32,348                                  | 7,119                                  | 82,553                                     |
| 06/02/2004 | 39                | 39,0                | 8,764                             | 0,042              | 0,130                                | 9,360                                   | 31,539                                  | 7,087                                  | 104,905                                    |
| 13/02/2004 | 40                | 39,0                | 9,300                             | 0,041              | 0,128                                | 6,480                                   | 21,835                                  | 5,207                                  | 71,595                                     |
| 20/02/2004 | 42                | 41,0                | 9,460                             | 0,037              | 0,114                                | 4,530                                   | 16,047                                  | 3,703                                  | 44,641                                     |
| 01/03/2004 | 41                | 36,0                | 9,465                             | 0,030              | 0,093                                | 5,560                                   | 17,294                                  | 4,547                                  | 44,629                                     |
| 08/03/2004 | 41                | 38,0                | 8,848                             | 0,032              | 0,099                                | 5,050                                   | 16,580                                  | 3,861                                  | 43,238                                     |
| 15/03/2004 | 34                | 34,0                | 8,045                             | 0,022              | 0,068                                | 6,100                                   | 17,919                                  | 4,240                                  | 35,907                                     |
| 22/03/2004 | 34                | 32,0                | 7,834                             | 0,043              | 0,133                                | 6,860                                   | 18,967                                  | 4,643                                  | 78,925                                     |
| 29/03/2004 | 40                | 37,0                | 8,185                             | 0,026              | 0,081                                | 5,400                                   | 17,263                                  | 3,819                                  | 37,566                                     |
| 05/04/2004 | 37                | 32,0                | 7,976                             | 0,027              | 0,084                                | 5,230                                   | 14,460                                  | 3,604                                  | 37,782                                     |
| 10/04/2004 | 40                | 36,0                | 8,280                             | 0,027              | 0,084                                | 3,730                                   | 11,602                                  | 2,668                                  | 26,946                                     |
| 16/04/2004 | 41                | 38,0                | 7,834                             | 0,020              | 0,062                                | 3,570                                   | 11,721                                  | 2,416                                  | 19,104                                     |
| 26/04/2004 | 38                | 35,0                | 7,685                             | 0,025              | 0,077                                | 4,040                                   | 12,217                                  | 2,682                                  | 27,024                                     |
| 03/05/2004 | 34                | 32,0                | 8,141                             | 0,032              | 0,099                                | 5,400                                   | 14,930                                  | 3,798                                  | 46,235                                     |
| 10/05/2004 | 37                | 34,0                | 7,966                             | 0,030              | 0,093                                | 5,920                                   | 17,391                                  | 4,075                                  | 47,519                                     |
| 17/05/2004 | 42                | 38,0                | 9,008                             | 0,031              | 0,096                                | 4,350                                   | 14,282                                  | 3,386                                  | 36,081                                     |
| 24/05/2004 | 42                | 39,0                | 8,970                             | 0,029              | 0,090                                | 3,110                                   | 10,479                                  | 2,410                                  | 24,131                                     |
| 01/06/2004 | 40                | 41,0                | 9,380                             | 0,041              | 0,127                                | 2,960                                   | 10,486                                  | 2,399                                  | 32,471                                     |
| 07/06/2004 | 44                | 42,0                | 9,347                             | 0,044              | 0,136                                | 1,930                                   | 7,004                                   | 1,559                                  | 22,721                                     |
| 14/06/2004 | 47                | 44,0                | 9,939                             | 0,064              | 0,198                                | 1,410                                   | 5,360                                   | 1,211                                  | 24,145                                     |
| 21/06/2004 | 49                | 45,0                | 10,556                            | 0,070              | 0,217                                | 1,310                                   | 5,093                                   | 1,195                                  | 24,535                                     |
| 28/06/2004 | 44                | 41,0                | 10,930                            | 0,086              | 0,266                                | 1,410                                   | 4,995                                   | 1,331                                  | 32,444                                     |
| 05/07/2004 | 35                | 32,0                | 6,806                             | 0,093              | 0,287                                | 1,710                                   | 4,728                                   | 1,006                                  | 42,428                                     |
| 12/07/2004 | 33                | 30,0                | 9,623                             | 0,067              | 0,209                                | 3,110                                   | 8,061                                   | 2,586                                  | 56,096                                     |
| 19/07/2004 | 42                | 38,0                | 10,819                            | 0,100              | 0,310                                | 1,600                                   | 5,253                                   | 1,496                                  | 42,849                                     |
| 26/07/2004 | 43                | 39,0                | 10,628                            | 0,071              | 0,220                                | 1,410                                   | 4,751                                   | 1,295                                  | 26,786                                     |
| 03/08/2004 | 46                | 39,0                | 10,365                            |                    |                                      | 1,500                                   | 5,054                                   | 1,343                                  |  |
| 11/08/2004 | 37                | 38,0                | 9,711                             | 0,080              | 0,248                                | 2,800                                   | 9,193                                   | 2,349                                  | 59,939                                     |
| 17/08/2004 | 25                | 24,0                | 9,293                             | 0,099              | 0,307                                | 2,800                                   | 5,806                                   | 2,248                                  | 74,331                                     |
| 24/08/2004 | 30                | 32,0                | 9,050                             | 0,068              | 0,211                                | 1,930                                   | 5,336                                   | 1,509                                  | 35,152                                     |
| 01/09/2004 | 34                | 32,0                | 9,142                             | 0,076              | 0,234                                | 1,600                                   | 4,424                                   | 1,264                                  | 32,382                                     |
| 08/09/2004 | 34                | 34,0                | 9,144                             | 0,084              | 0,261                                | 1,930                                   | 5,670                                   | 1,525                                  | 43,570                                     |
| 15/09/2004 | 32                | 31,0                | 8,946                             | 0,068              | 0,211                                | 1,600                                   | 4,285                                   | 1,237                                  | 29,142                                     |
| 22/09/2004 | 34                | 32,0                | 9,182                             | 0,079              | 0,243                                | 1,600                                   | 4,424                                   | 1,269                                  | 33,628                                     |
| 29/09/2004 | 32                | 33,0                | 8,827                             | #N/A               | #N/A                                 | 1,600                                   | 4,562                                   | 1,220                                  | #N/A                                       |
| 06/10/2004 | 29                | 28,0                | 8,661                             | #N/A               | #N/A                                 | 1,820                                   | 4,403                                   | 1,362                                  | #N/A                                       |
| 14/10/2004 | 21                | 27,0                | 7,893                             | 0,168              | 0,520                                | 6,100                                   | 14,230                                  | 4,160                                  | 274,197                                    |
| 23/10/2004 | 19                | 30,0                | 6,579                             | #N/A               | #N/A                                 | 12,480                                  | 32,348                                  | 7,093                                  | #N/A                                       |
| 28/10/2004 | 32                | 31,0                | 7,742                             | 0,080              | 0,248                                | 6,290                                   | 16,847                                  | 4,207                                  | 134,637                                    |
| 05/11/2004 | 36                | 32,0                | 8,882                             | #N/A               | #N/A                                 | 5,400                                   | 14,930                                  | 4,144                                  | #N/A                                       |
| 12/11/2004 | 34                | 28,0                | 10,094                            | 0,006              | 0,018                                | 5,400                                   | 13,064                                  | 4,709                                  | 8,375                                      |
| 19/11/2004 | 32                | 33,0                | 8,474                             | 0,061              | 0,189                                | 5,050                                   | 14,399                                  | 3,697                                  | 82,393                                     |
| 26/11/2004 | 36                | 34,0                | 8,723                             | 0,049              | 0,151                                | 3,420                                   | 10,047                                  | 2,578                                  | 44,695                                     |
| 03/12/2004 | 38                | 39,0                | 8,390                             | 0,052              | 0,161                                | 2,960                                   | 9,974                                   | 2,146                                  | 41,201                                     |

## Douffine

| Date       | Nitrates (mg/l) | Silicates (mgSiO2/l) | Phosphates (mgP/l) | Phosphates (mgPO4---/l) | Débites m3/s | Débites corrigés m3/s | Flux nitrates (tN63/j) | Flux silicates (t SiO2/j) | Flux phosphates (kg PO4---/j) |
|------------|-----------------|----------------------|--------------------|-------------------------|--------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 02/01/2004 | 28              | 5,6                  | 0,033              | 0,102                   | 5,380        | 6,900                 | 16,694                 | 3,363                     | 60,928                        |
| 16/01/2004 | 30              | 5,2                  | 0,014              | 0,043                   | 17,300       | 22,189                | 57,514                 | 10,030                    | 83,117                        |
| 23/01/2004 | 26              | 5,3                  | 0,024              | 0,074                   | 6,630        | 8,504                 | 19,103                 | 3,909                     | 54,606                        |
| 30/01/2004 | 26              | 5,3                  | 0,016              | 0,050                   | 5,990        | 7,683                 | 17,259                 | 3,502                     | 32,890                        |
| 07/02/2004 | 22              | 5,6                  | #N/A               | #N/A                    | 4,740        | 6,080                 | 11,556                 | 2,925                     | #N/A                          |
| 13/02/2004 | 23              | 5,6                  | 0,043              | 0,133                   | 2,760        | 3,540                 | 7,035                  | 1,703                     | 40,728                        |
| 20/02/2004 | 22              | 5,6                  | 0,051              | 0,158                   | 2,070        | 2,655                 | 5,047                  | 1,278                     | 36,229                        |
| 03/03/2004 | 22              | 5,5                  | 0,022              | 0,068                   | 2,080        | 2,668                 | 5,071                  | 1,271                     | 15,704                        |
| 10/03/2004 | 28              | 5,5                  | 0,026              | 0,081                   | 2,930        | 3,758                 | 9,091                  | 1,798                     | 26,143                        |
| 24/03/2004 | 23              | 5,0                  | 0,023              | 0,071                   | 4,780        | 6,131                 | 12,183                 | 2,668                     | 37,729                        |
| 02/04/2004 | 24              | 4,8                  | 0,047              | 0,146                   | 2,810        | 3,604                 | 7,474                  | 1,502                     | 45,519                        |
| 09/04/2004 | 21              | 4,5                  | 0,064              | 0,198                   | 2,190        | 2,809                 | 5,096                  | 1,093                     | 48,100                        |
| 16/04/2004 | 20              | 4,2                  | 0,077              | 0,238                   | 1,740        | 2,232                 | 3,856                  | 0,802                     | 45,979                        |
| 23/04/2004 | 20              | 4,6                  | 0,041              | 0,126                   | 2,990        | 3,835                 | 6,627                  | 1,524                     | 41,738                        |
| 30/04/2004 | 17              | 4,1                  | 0,035              | 0,108                   | 3,210        | 4,117                 | 6,047                  | 1,449                     | 38,273                        |
| 06/05/2004 | #N/A            | 3,9                  | 0,029              | 0,089                   | 5,430        | 6,965                 | #N/A                   | 2,356                     | 53,687                        |
| 13/05/2004 | 23              | 5,0                  | 0,047              | 0,144                   | 2,810        | 3,604                 | 7,162                  | 1,545                     | 44,947                        |
| 02/06/2004 | 18              | 5,8                  | 0,081              | 0,252                   | 1,180        | 1,513                 | 2,354                  | 0,757                     | 32,929                        |
| 11/06/2004 | #N/A            | 5,6                  | 0,145              | 0,448                   | 0,673        | 0,863                 | #N/A                   | 0,418                     | 33,443                        |
| 18/06/2004 | 22              | 5,9                  | 0,208              | 0,645                   | 0,521        | 0,668                 | 1,270                  | 0,343                     | 37,266                        |
| 24/06/2004 | 19              | 5,9                  | 0,199              | 0,617                   | 0,640        | 0,821                 | 1,348                  | 0,415                     | 43,774                        |
| 01/07/2004 | 22              | 5,8                  | 0,269              | 0,832                   | 0,448        | 0,575                 | 0,943                  | 0,288                     | 41,323                        |
| 08/07/2004 | 12              | 5,3                  | 0,057              | 0,176                   | 2,850        | 3,655                 | 6,948                  | 1,673                     | 55,569                        |
| 15/07/2004 | 17              | 5,9                  | 0,118              | 0,366                   | 0,824        | 1,057                 | 1,096                  | 0,538                     | 33,465                        |
| 21/07/2004 | 19              | 5,8                  | 0,196              | 0,607                   | 0,673        | 0,863                 | 1,268                  | 0,435                     | 45,268                        |
| 30/07/2004 | 20              | 5,6                  | 0,239              | 0,741                   | 0,491        | 0,630                 | 1,034                  | 0,307                     | 40,310                        |
| 06/08/2004 | 21              | 5,3                  | 0,226              | 0,699                   | 0,387        | 0,496                 | 0,858                  | 0,226                     | 29,993                        |
| 13/08/2004 | 16              | 5,7                  | 0,162              | 0,502                   | 0,779        | 0,999                 | 1,813                  | 0,488                     | 43,333                        |
| 20/08/2004 | 13              | 6,4                  | 0,094              | 0,290                   | 1,610        | 2,065                 | 2,855                  | 1,149                     | 51,764                        |
| 27/08/2004 | 15              | 5,8                  | 0,106              | 0,329                   | 1,080        | 1,385                 | 1,556                  | 0,697                     | 39,362                        |
| 03/09/2004 | 17              | 5,5                  | 0,106              | 0,327                   | 0,936        | 1,201                 | 1,556                  | 0,570                     | 33,927                        |
| 10/09/2004 | 18              | 3,5                  | 0,147              | 0,455                   | 0,692        | 0,888                 | 1,304                  | 0,269                     | 34,909                        |
| 22/09/2004 | 16              | 3,6                  | 0,109              | 0,338                   | 0,687        | 0,881                 | 1,370                  | 0,278                     | 25,698                        |
| 28/09/2004 | 14              | 3,6                  | 0,093              | 0,288                   | 0,635        | 0,814                 | 1,126                  | 0,251                     | 20,266                        |
| 08/10/2004 | 16              | 5,5                  | 0,113              | 0,350                   | 0,552        | 0,708                 | 0,856                  | 0,338                     | 21,406                        |
| 14/10/2004 | 14              | 4,2                  | 0,052              | 0,161                   | 3,190        | 4,092                 | 5,656                  | 1,502                     | 56,926                        |
| 20/11/2004 | 19              | 4,3                  | 0,047              | 0,146                   | 2,630        | 3,373                 | 4,080                  | 1,239                     | 42,420                        |
| 25/11/2004 | 18              | 5,7                  | 0,045              | 0,139                   | 2,320        | 2,976                 | 4,885                  | 1,478                     | 35,828                        |

## Aulne

| Date       | Nitrates (mg/l) | Silicates (mg SiO2/l) | Phosphates (mgP/l) | Phosphates (mgPO4---/l) | Débits à Pont Pol (m3/s) | Débits m3/s | Flux de nitrates (tNO3/j) | Flux de silicates (tSiO2/j) | Flux de phosphates (kgPO4---/j) |
|------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 03/01/2004 | 34              | 9,8                   | 0,036              | 0,111                   | 35,400                   | 51,827      | 152,248                   | 43,843                      | 499,213                         |
| 08/01/2004 | 33              | 9,3                   | 0,015              | 0,046                   | 50,100                   | 73,349      | 209,133                   | 59,134                      | 294,380                         |
| 15/01/2004 | 35              | 8,1                   | 0,035              | 0,108                   | 121,000                  | 177,150     | 535,703                   | 124,344                     | 1658,950                        |
| 22/01/2004 | 36              | 8,2                   | 0,030              | 0,093                   | 60,400                   | 88,429      | 275,049                   | 62,459                      | 709,803                         |
| 29/01/2004 | 35              | 8,4                   | 0,022              | 0,068                   | 70,200                   | 102,776     | 310,796                   | 74,414                      | 604,978                         |
| 05/02/2004 | 33              | 8,5                   | #N/A               | #N/A                    | 46,900                   | 68,664      | 195,775                   | 50,498                      |                                 |
| 12/02/2004 | 19              | 8,4                   | 0,025              | 0,077                   | 27,700                   | 40,554      | 66,574                    | 29,503                      | 271,269                         |
| 18/02/2004 | 29              | 8,6                   | 0,026              | 0,081                   | 19,300                   | 28,256      | 70,799                    | 20,876                      | 196,567                         |
| 26/02/2004 | 29              | 8,3                   | 0,017              | 0,053                   | 15,900                   | 23,278      | 58,326                    | 16,714                      | 105,883                         |
| 11/03/2004 | 30              | 7,0                   | 0,148              | 0,458                   | 20,800                   | 30,452      | 78,932                    | 18,530                      | 1205,882                        |
| 18/03/2004 | 27              | 6,9                   | 0,007              | 0,022                   | 21,100                   | 30,892      | 72,064                    | 18,390                      | 57,858                          |
| 25/03/2004 | 25              | 7,5                   | 0,027              | 0,084                   | 30,900                   | 45,239      | 97,717                    | 29,131                      | 326,815                         |
| 01/04/2004 | 32              | 6,6                   | 0,007              | 0,023                   | 21,700                   | 31,770      | 87,838                    | 18,125                      | 63,341                          |
| 18/04/2004 | 23              | 5,3                   | 0,014              | 0,043                   | 17,500                   | 25,621      | 50,914                    | 11,719                      | 95,972                          |
| 22/04/2003 | 22              | 6,6                   | 0,025              | 0,077                   | 21,300                   | 31,184      | 59,275                    | 17,656                      | 208,593                         |
| 29/04/2004 | 24,000          | 6,3                   | 0,017              | 0,052                   | 22,700                   | 33,234      | 68,914                    | 17,955                      | 148,034                         |
| 06/05/2004 | 24              | 7,9                   | 0,020              | 0,063                   | 50,700                   | 74,227      | 153,918                   | 50,556                      | 401,330                         |
| 13/05/2004 | 30              | 7,8                   | 0,016              | 0,049                   | 27,400                   | 40,115      | 103,978                   | 27,066                      | 169,132                         |
| 27/05/2004 | 28,000          | 6,6                   | 0,010              | 0,030                   | 10,100                   | 14,787      | 35,773                    | 8,467                       | 38,871                          |
| 10/06/2004 | 24              | 6,8                   | 0,014              | 0,043                   | 5,090                    | 7,452       | 15,453                    | 4,346                       | 27,870                          |
| 17/06/2004 | 22              | 4,8                   | 0,016              | 0,051                   | 4,010                    | 5,871       | 11,159                    | 2,429                       | 25,684                          |
| 26/06/2004 | 21              | 4,0                   | 0,007              | 0,022                   | 3,950                    | 5,783       | 10,493                    | 1,977                       | 10,831                          |
| 01/07/2004 | 20              | 5,0                   | 0,006              | 0,019                   | 3,460                    | 5,066       | 8,753                     | 2,206                       | 8,524                           |
| 08/07/2004 | 17              | 5,2                   | 0,013              | 0,040                   | 31,900                   | 46,703      | 68,598                    | 20,960                      | 162,448                         |
| 06/08/2004 | 7,2             | 5,6                   | 0,011              | 0,034                   | 2,420                    | 3,543       | 2,204                     | 1,703                       | 10,428                          |
| 14/08/2004 | 9,9             | 4,1                   | 0,010              | 0,030                   | 5,730                    | 8,389       | 7,176                     | 2,958                       | 21,957                          |
| 17/08/2004 | 11              | 5,2                   | 0,034              | 0,105                   | 19,200                   | 28,110      | 26,716                    | 12,542                      | 255,281                         |
| 22/08/2004 | 13              | 9,1                   | 0,086              | 0,266                   | 9,530                    | 13,952      | 15,671                    | 10,969                      | 320,131                         |
| 27/08/2004 | 8,6             | 9,4                   | 0,044              | 0,136                   | 8,110                    | 11,873      | 8,822                     | 9,633                       | 139,270                         |
| 04/09/2004 | 9,9             | 9,1                   | 0,033              | 0,103                   | 4,640                    | 6,793       | 5,811                     | 5,346                       | 60,635                          |
| 11/09/2004 | 18              | 8,1                   | 0,010              | 0,031                   | 3,340                    | 4,890       | 7,605                     | 3,434                       | 13,084                          |
| 18/09/2004 | 19              | 6,4                   | 0,017              | 0,053                   | 4,180                    | 6,120       | 10,046                    | 3,362                       | 27,933                          |
| 07/10/2004 | 15              | 6,7 <0,001            | <0,003             |                         | 4,140                    | 6,061       | 7,855                     | 3,490                       | 1,570                           |
| 14/10/2004 | 14              | 6,3                   | 0,006              | 0,019                   | 16,300                   | 23,864      | 28,866                    | 12,988                      | 38,311                          |
| 21/10/2004 | 15              | 9,5                   | 0,026              | 0,081                   | 33,000                   | 48,314      | 62,615                    | 39,702                      | 336,099                         |
| 09/11/2004 | 30              | 8,3                   | 0,005              | 0,015                   | 24,600                   | 36,016      | 93,353                    | 25,921                      | 48,182                          |
| 17/11/2004 | 27              | 9,3                   | 0,002              | 0,006                   | 21,000                   | 30,745      | 71,722                    | 24,691                      | 16,452                          |
| 25/11/2004 | 25              | 8,4 <0,001            | <0,003             |                         | 17,600                   | 25,767      | 55,657                    | 18,723                      | 1,570                           |



**Kerharo**

| Date       | Nitrates<br>(mg/l) | Silicates (mg<br>SiO2/l) | Phosphates<br>(mgP/l) | Phosphates<br>(mgPO4---/l) |
|------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 01/01/2004 | 38                 | 9,9                      | 0,033                 | 0,102                      |
| 04/01/2004 | 47                 | 11,0                     | 0,016                 | 0,050                      |
| 11/01/2004 | 37                 | 9,6                      | 0,042                 | 0,130                      |
| 18/01/2004 | 47                 | 8,5                      | 0,037                 | 0,114                      |
| 24/01/2004 | 42                 | 9,5                      | 0,031                 | 0,095                      |
| 01/02/2004 | 43                 | 8,8                      | 0,027                 | 0,085                      |
| 07/02/2004 | 43                 | 9,0                      | 0,021                 | 0,064                      |
| 15/02/2004 | 41                 | 9,2                      | 0,014                 | 0,043                      |
| 25/02/2004 | 37                 | 9,4                      | 0,021                 | 0,065                      |
| 04/03/2004 | 25                 | 8,4                      | 0,048                 | 0,149                      |
| 16/03/2004 | 40                 | 9,2                      | 0,023                 | 0,071                      |
| 21/03/2004 | 37                 | 9,0                      | 0,022                 | 0,068                      |
| 28/03/2004 | 42                 | 9,2                      | 0,009                 | 0,028                      |
| 04/04/2004 | 35                 | 8,1                      | 0,020                 | 0,062                      |
| 10/04/2004 | 38                 | 7,3                      | 0,007                 | 0,022                      |
| 18/04/2004 | 24                 | 7,4                      | 0,045                 | 0,139                      |
| 01/05/2004 | 35                 | 9,1                      | #N/A                  | #N/A                       |
| 09/05/2004 | 34                 | 8,4                      | 0,012                 | 0,037                      |
| 15/05/2004 | 35                 | 8,8                      | 0,020                 | 0,062                      |
| 21/05/2004 | 35                 | 9,1                      | 0,030                 | 0,093                      |
| 31/05/2004 | 29                 | 8,6                      | 0,057                 | 0,177                      |
| 10/06/2004 | 35                 | 9,2                      | 0,046                 | 0,142                      |
| 19/06/2004 | 38                 | 9,1                      | 0,071                 | 0,220                      |
| 29/06/2004 | 34                 | 9,1                      | 0,064                 | 0,198                      |
| 04/07/2004 | 28                 | 9,0                      | 0,081                 | 0,251                      |
| 12/07/2004 | 32                 | 11,1                     | 0,054                 | 0,167                      |
| 19/07/2004 | 33                 | 10,6                     | 0,050                 | 0,155                      |
| 25/07/2004 | 34                 | 9,8                      | 0,054                 | 0,167                      |
| 01/08/2004 | 30                 | 8,7                      | 0,050                 | 0,155                      |
| 17/08/2004 | 28                 | 10,9                     | 0,102                 | 0,316                      |
| 22/08/2004 | 29                 | 11,0                     | 0,055                 | 0,170                      |
| 01/09/2004 | 27                 | 10,1                     | 0,049                 | 0,152                      |
| 11/09/2004 | 31                 | 10,1                     | #N/A                  | #N/A                       |
| 19/09/2004 | 28                 | 10,0                     | #N/A                  | #N/A                       |
| 25/09/2004 | 25                 | 11,2                     | 0,057                 | 0,177                      |
| 03/10/2004 | 20                 | 9,8                      | 0,064                 | 0,199                      |
| 09/10/2004 | 22                 | 7,4                      | 0,252                 | 0,779                      |
| 13/10/2004 | 7,4                | 4,0                      | 0,075                 | 0,233                      |
| 24/10/2004 | 28                 | 10,6                     | 0,064                 | 0,199                      |
| 31/10/2004 | 41                 | 10,7                     | 0,043                 | 0,133                      |
| 14/11/2004 | 36                 | 11,0                     | 0,023                 | 0,071                      |
| 21/11/2004 | 34                 | 10,7                     | #N/A                  | #N/A                       |
| 27/11/2004 | 35                 | 11,0                     | 0,025                 | 0,077                      |
| 05/12/2004 | 36                 | 10,9                     | 0,009                 | 0,028                      |

**Lapic**

| Date       | Nitrates<br>(mg/l) | Silicates<br>(mgSiO2/l) | Phosphates<br>(mgP/l) | Phosphates<br>(mgPO4---/l) |
|------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 05/01/2004 | 51                 | 11,9                    | 0,043                 | 0,133                      |
| 14/01/2004 | 58                 | 10,7                    | 0,057                 | 0,177                      |
| 20/01/2004 | 56                 | 10,5                    | 0,045                 | 0,139                      |
| 01/02/2004 | 55                 | 10,4                    | 0,039                 | 0,120                      |
| 07/02/2004 | 54                 | 10,6                    | #N/A                  | #N/A                       |
| 20/02/2004 | 53                 | 10,7                    | 0,031                 | 0,096                      |
| 25/02/2004 | 51                 | 10,5                    | 0,038                 | 0,119                      |
| 07/03/2004 | 51                 | 10,6                    | 0,038                 | 0,117                      |
| 13/03/2004 | 49                 | 10,5                    | 0,042                 | 0,129                      |
| 18/03/2004 | 52                 | 10,6                    | 0,042                 | 0,129                      |
| 24/03/2004 | 50                 | 10,6                    | 0,038                 | 0,116                      |
| 07/04/2004 | 49                 | 8,8                     | 0,033                 | 0,101                      |
| 16/04/2004 | 49                 | 7,8                     | 0,034                 | 0,105                      |
| 23/04/2004 | 44                 | 9,6                     | 0,045                 | 0,140                      |
| 09/05/2004 | 47                 | 10,5                    | 0,053                 | 0,164                      |
| 23/05/2004 | 48                 | 11,0                    | 0,066                 | 0,204                      |
| 30/05/2004 | 45                 | 11,4                    | 0,094                 | 0,290                      |
| 06/06/2004 | 44                 | 11,5                    | 0,117                 | 0,362                      |
| 12/06/2004 | 45                 | 11,6                    | 0,104                 | 0,322                      |
| 09/07/2004 | 34                 | 12,2                    | 0,100                 | 0,310                      |
| 08/08/2004 | 35                 | 11,1                    | 0,167                 | 0,517                      |
| 12/08/2004 | 34                 | 11,5                    | 0,212                 | 0,657                      |
| 13/08/2004 | 32                 | 11,5                    | 0,190                 | 0,588                      |
| 19/08/2004 | 27                 | 12,3                    | 0,124                 | 0,384                      |
| 21/08/2004 | 33                 | 11,8                    | 0,139                 | 0,430                      |
| 27/08/2004 | 33                 | 11,5                    | 0,165                 | 0,511                      |
| 11/09/2004 | 29                 | 9,3                     | 0,410                 | 1,270                      |
| 18/09/2004 | 33                 | 11,8                    | 0,196                 | 0,607                      |
| 23/09/2004 | 32                 | 11,9                    | 0,207                 | 0,641                      |
| 28/09/2004 | 34                 | 11,7                    | 0,157                 | 0,486                      |
| 04/10/2004 | 33                 | 11,8                    | 0,152                 | 0,471                      |
| 18/10/2004 | 32                 | 12,6                    | 0,080                 | 0,248                      |
| 31/10/2004 | 44                 | 12,0                    | 0,046                 | 0,142                      |
| 06/11/2004 | 43                 | 11,8                    | 0,039                 | 0,121                      |
| 21/11/2004 | 43                 | 11,0                    | 0,052                 | 0,161                      |
| 02/12/2004 | 44                 | 11,7                    | 0,039                 | 0,121                      |
| 06/12/2004 | 44                 | 11,8                    | 0,031                 | 0,096                      |

## Ris

| Date       | Nitrates<br>(mg/l) | Silicates<br>(mgSiO2/l) | Phosphates<br>(mgP/l) | Phosphates<br>(mgPO4---/l) |
|------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 06/01/2004 | 38                 | 13,9                    | 0,039                 | 0,121                      |
| 14/01/2004 | 36                 | 12,1                    | 0,045                 | 0,141                      |
| 23/01/2004 | 36                 | 13,5                    | 0,047                 | 0,144                      |
| 30/01/2004 | 39                 | 12,5                    | 0,032                 | 0,099                      |
| 08/02/2004 | 37                 | 13,4                    | 0,032                 | 0,098                      |
| 14/02/2004 | 37                 | 14,1                    | 0,030                 | 0,093                      |
| 23/02/2004 | 36                 | 13,6                    | 0,038                 | 0,118                      |
| 01/03/2004 | 38                 | 13,7                    | 0,080                 | 0,248                      |
| 08/03/2004 | 39                 | 13,7                    | 0,020                 | 0,062                      |
| 15/03/2004 | 34                 | 13,4                    | 0,026                 | 0,081                      |
| 25/03/2004 | 37                 | 12,9                    | 0,025                 | 0,077                      |
| 02/04/2004 | 37                 | 12,8                    | 0,033                 | 0,102                      |
| 10/04/2004 | 37                 | 13,2                    | 0,023                 | 0,071                      |
| 19/04/2004 | 24                 | 11,0                    | 0,064                 | 0,198                      |
| 26/04/2004 | 35                 | 12,9                    | 0,034                 | 0,105                      |
| 04/05/2004 | 33                 | 12,8                    | 0,042                 | 0,130                      |
| 11/05/2004 | 35                 | 12,9                    | 0,008                 | 0,025                      |
| 19/05/2004 | 36                 | 13,5                    | 0,029                 | 0,090                      |
| 02/06/2004 | 35                 | 14,7                    | 0,046                 | 0,142                      |
| 10/06/2004 | 38                 | 15,0                    | 0,079                 | 0,245                      |
| 18/06/2004 | 39                 | 15,4                    | 0,061                 | 0,189                      |
| 25/06/2004 | 38                 | 15,5                    | 0,049                 | 0,152                      |
| 03/07/2004 | 39                 | 15,8                    | 0,046                 | 0,142                      |
| 10/07/2004 | 37                 | 15,8                    | 0,046                 | 0,142                      |
| 21/07/2004 | 38                 | 16,1                    | 0,054                 | 0,167                      |
| 30/07/2004 | 37                 | 15,4                    | 0,047                 | 0,146                      |
| 07/08/2004 | 37                 | 15,7                    | 0,048                 | 0,149                      |
| 14/08/2004 | 36                 | 15,7                    | 0,048                 | 0,149                      |
| 21/08/2004 | 32                 | 17,2                    | 0,055                 | 0,170                      |
| 28/08/2004 | 30                 | 15,6                    | 0,068                 | 0,211                      |
| 04/09/2004 | 36                 | 15,6                    | 0,046                 | 0,142                      |
| 11/09/2004 | 34                 | 15,6                    | 0,059                 | 0,183                      |
| 19/09/2004 | 32                 | 15,7                    | #N/A                  | #N/A                       |
| 26/09/2004 | 35                 | 15,8                    | 0,041                 | 0,127                      |
| 03/10/2004 | 35                 | 15,8                    | 0,050                 | 0,155                      |
| 09/10/2004 | 37                 | 16,1                    | #N/A                  | #N/A                       |
| 18/10/2004 | 33                 | 16,2                    | 0,049                 | 0,152                      |
| 25/10/2004 | 29                 | 15,7                    | 0,063                 | 0,195                      |
| 08/11/2004 | 36                 | 15,3                    | 0,051                 | 0,158                      |
| 15/11/2004 | 35                 | 15,3                    | 0,018                 | 0,056                      |
| 22/11/2004 | 36                 | 16,2                    | 0,030                 | 0,093                      |
| 29/11/2004 | 34                 | 15,7                    | 0,043                 | 0,133                      |
| 06/12/2004 | 36                 | 16,0                    | 0,028                 | 0,087                      |

## Saint Laurent

| Date       | Nitrates (mg/l) | Silicates<br>(mgSiO2/l) | Phosphates<br>(mgP/l) | Phosphates<br>(mgPO4---/l) | Débits m3/s | flux NO3 | Flux Si | Flux PO4 |
|------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------|----------|---------|----------|
| 08/01/2004 | 25              | 10,8                    | 0,049                 | 0,152                      | 0,800       | 1,728    | 0,750   | 10,488   |
| 20/01/2004 | 27              | 6,6                     | 0,016                 | 0,050                      | #N/A        | #N/A     | #N/A    | #N/A     |
| 04/02/2004 | 40              | 10,6                    | 0,004                 | 0,012                      | 1,460       | 5,046    | 1,332   | 1,563    |
| 17/02/2004 | 35              | 11,0                    | #N/A                  | #N/A                       | 1,090       | 3,296    | 1,032   | #N/A     |
| 03/03/2004 | 42              | 11,1                    | 0,003                 | 0,009                      | 0,890       | 3,230    | 0,855   | 0,714    |
| 16/03/2004 | 30              | 11,2                    | 0,010                 | 0,031                      | 0,850       | 2,203    | 0,825   | 2,274    |
| 24/03/2004 | 32              | 10,9                    | #N/A                  | #N/A                       | 0,580       | 1,604    | 0,547   | #N/A     |
| 31/03/2004 | 40              | 10,9                    | 0,015                 | 0,046                      | #N/A        | #N/A     | #N/A    | #N/A     |
| 08/04/2004 | 32              | 10,9                    | 0,034                 | 0,105                      | 0,620       | 1,714    | 0,584   | 5,640    |
| 27/04/2004 | 39              | 10,7                    | #N/A                  | #N/A                       | 0,350       | 1,179    | 0,323   | #N/A     |
| 05/05/2004 | 23              | 10,9                    | 0,016                 | 0,050                      | 0,660       | 1,312    | 0,621   | 2,825    |
| 14/05/2004 | 35              | 10,9                    | 0,002                 | 0,006                      | 0,520       | 1,572    | 0,492   | 0,278    |
| 27/05/2004 | 29              | 11,1                    | 0,007                 | 0,022                      | 0,280       | 0,702    | 0,269   | 0,524    |
| 04/06/2004 | 23              | 11,9                    | 0,020                 | 0,062                      | 0,430       | 0,854    | 0,441   | 2,301    |
| 17/06/2004 | 42              | 12,0                    | 0,015                 | 0,046                      | #N/A        | #N/A     | #N/A    | #N/A     |
| 30/06/2004 | 36              | 11,9                    | 0,003                 | 0,009                      | 0,175       | 0,544    | 0,180   | 0,140    |
| 08/07/2004 | 22              | 11,7                    | #N/A                  | #N/A                       | 0,365       | 0,694    | 0,370   | #N/A     |
| 15/07/2004 | 40              | 12,2                    | #N/A                  | #N/A                       | 0,220       | 0,760    | 0,231   | #N/A     |
| 21/07/2004 | 41              | 11,9                    | #N/A                  | #N/A                       | 0,215       | 0,762    | 0,222   | #N/A     |
| 26/07/2004 | 45              | 11,9                    | #N/A                  | #N/A                       | 0,225       | 0,875    | 0,232   | #N/A     |
| 12/08/2004 | 28              | 12,3                    | 0,025                 | 0,077                      | #N/A        | #N/A     | #N/A    | #N/A     |
| 20/08/2004 | 36              | 12,2                    | 0,020                 | 0,062                      | 0,350       | 1,089    | 0,369   | 1,873    |
| 26/08/2004 | 33              | 12,1                    | 0,014                 | 0,043                      | 0,370       | 1,055    | 0,386   | 1,386    |
| 03/09/2004 | 41              | 11,6                    | 0,006                 | 0,019                      | 0,310       | 1,098    | 0,310   | 0,498    |
| 16/09/2004 | 41              | 9,8                     | 0,010                 | 0,031                      | 0,300       | 1,063    | 0,255   | 0,803    |
| 22/09/2004 | 41              | 3,0                     | 0,009                 | 0,028                      | 0,290       | 1,027    | 0,076   | 0,698    |
| 30/09/2004 | 41              | 7,5                     | 0,007                 | 0,022                      | #N/A        | #N/A     | #N/A    | #N/A     |
| 06/10/2004 | 33              | 10,0                    | 0,007                 | 0,022                      | 0,260       | 0,741    | 0,226   | 0,488    |
| 13/10/2004 | 36              | 11,7                    | 0,011                 | 0,033                      | 0,440       | 1,369    | 0,446   | 1,240    |
| 18/10/2004 | 40              | 12,3                    | 0,008                 | 0,024                      | 0,270       | 0,933    | 0,288   | 0,549    |
| 27/10/2004 | 36              | 11,2                    | 0,001                 | 0,003                      | 0,350       | 1,089    | 0,338   | 0,094    |
| 03/11/2004 | 29              | 11,7                    | 0,001                 | 0,003                      | 0,570       | 1,428    | 0,576   | 0,153    |
| 10/11/2004 | 37              | 10,8                    | 0,015                 | 0,046                      | 0,440       | 1,407    | 0,410   | 1,766    |
| 19/11/2004 | 40              | 10,7                    | 0,001                 | 0,003                      | #N/A        | #N/A     | #N/A    | #N/A     |
| 25/11/2004 | 41              | 11,7                    | 0,001                 | 0,003                      | 0,460       | 1,630    | 0,466   | 0,123    |
| 01/12/2004 | 41              | 11,1                    | 0,002                 | 0,006                      | 0,470       | 1,665    | 0,449   | 0,252    |

### **ANNEXE III**

#### **Résultats des tests statistiques effectués sur les moyennes annuelles**

|                      | Nitrates |          | Silicates     |          | Phosphates    |            |
|----------------------|----------|----------|---------------|----------|---------------|------------|
| <b>Dourduff</b>      | 0,0000   | 1999 x   | <b>0,0688</b> | 1999 x   | 0,0003        | 1999 x     |
|                      |          | 2001 x   | 0,1174        | 2001 x   |               | 2001 x x   |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x x |               | 2002 x x   |
|                      |          | 2003 x   |               | 2003 x x |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x   |               | 2004 x   |               | 2004 x     |
| <b>Dossen</b>        | 0,0000   | 1999 x   | 0,0114        | 1999 x   | 0,0001        | 1999 x x   |
|                      |          | 2001 x   |               | 2001 x   |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x   |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x   |               | 2003 x   |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x   |               | 2004 x x |               | 2004 x x   |
| <b>Penzé</b>         | 0,0000   | 1999 x   | 0,0000        | 1999 x   | 0,0452        | 1999 x x   |
|                      |          | 2001 x   |               | 2001 x   |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x   |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x   |               | 2003 x   |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x   |               | 2004 x   |               | 2004 x     |
| <b>Guillec</b>       |          | 1999 x   |               | 1999 x   |               | 1999 x     |
|                      |          | 2001 x   |               | 2001 x   |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x x |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x x |               | 2003 x   |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004     |               | 2004     |               | 2004       |
| <b>Flèche</b>        | 0,0011   | 1999 x   | <b>0,0807</b> | 1999 x x | 0,0328        | 1999 x     |
|                      |          | 2001 x   | 0,0288        | 2001 x   |               | 2001 x x   |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x x |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x x |               | 2003 x x |               | 2003 x x x |
|                      |          | 2004 x   |               | 2004 x   |               | 2004 x x   |
| <b>Quillimadec</b>   | 0,0278   | 1999 x   | <b>0,2034</b> | 1999 x   | <b>0,9870</b> | 1999 x     |
|                      |          | 2001 x   |               | 2001 x x |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x x |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x x |               | 2003 x x |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x   |               | 2004 x   |               | 2004 x     |
| <b>Elorn</b>         | 0,0000   | 1999 x   | 0,0000        | 1999 x   | 0,1251        | 1999 x x   |
|                      |          | 2001 x   |               | 2001 x   |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x   |               | 2002 x x   |
|                      |          | 2003 x x |               | 2003 x   |               | 2003 x x   |
|                      |          | 2004 x   |               | 2004 x x |               | 2004 x     |
| <b>Douffine</b>      | 0,0000   | 1999 x   | <b>0,1011</b> | 1999 x   | 0,0000        | 1999 x x   |
|                      |          | 2001 x   | 0,0691        | 2001 x   |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x x |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x   |               | 2003 x   |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x   |               | 2004 x   |               | 2004 x     |
| <b>Aulne</b>         | 0,0000   | 1999 x   | 0,0001        | 1999 x   | <b>0,2585</b> | 1999 x     |
|                      |          | 2001 x   |               | 2001 x   |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x x |               | 2002 x x |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x   |               | 2003 x   |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x   |               | 2004 x   |               | 2004 x     |
| <b>Kerharo</b>       | 0,0006   | 1999 x   | 0,0006        | 1999 x   | <b>0,5980</b> | 1999 x     |
|                      |          | 2001 x x |               | 2001 x   |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x   |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x   |               | 2003 x   |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x x |               | 2004 x x |               | 2004 x     |
| <b>Lapic</b>         | 0,0000   | 1999 x   | 0,0000        | 1999 x   | 0,0006        | 1999 x x   |
|                      |          | 2001 x   |               | 2001 x   |               | 2001 x x   |
|                      |          | 2002 x x |               | 2002 x x |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x   |               | 2003 x   |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x x |               | 2004 x   |               | 2004 x     |
| <b>Ris</b>           | 0,0070   | 1999 x   | 0,0000        | 1999 x   | 0,0001        | 1999 x     |
|                      |          | 2001 x x |               | 2001 x   |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x   |               | 2002 x x   |
|                      |          | 2003 x x |               | 2003 x   |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x x |               | 2004 x   |               | 2004 x     |
| <b>Saint Laurent</b> | 0,0000   | 1999 x   | 0,0000        | 1999 x   | <b>0,8623</b> | 1999 x     |
|                      |          | 2001 x x |               | 2001 x   |               | 2001 x     |
|                      |          | 2002 x   |               | 2002 x   |               | 2002 x     |
|                      |          | 2003 x   |               | 2003 x x |               | 2003 x     |
|                      |          | 2004 x   |               | 2004 x   |               | 2004 x     |

Résultat du test Anova :  
si < 0,05 les moyennes  
annuelles sont statistiquement  
différentes

|        |          |
|--------|----------|
| 0,0550 | 1999 x   |
| 0,0152 | 2001 x   |
|        | 2002 x   |
|        | 2003 x x |
|        | 2004 x   |

Résultats du test Kruskal-  
Wallis :  
si < 0,05 les médianes sont  
statistiquement différentes. On  
ne l'a utilisé que pour contrôler  
le résultat du test Anova

Résultats du test des  
étendues multiples :  
définition des groupes  
homogènes

## ANNEXE IV

## Classification des rivières en bassins versants (selon le BRGM)

| <b>Classements des rivières</b> | <b>Rivières</b> |
|---------------------------------|-----------------|
| Réserves souterraines faibles   | Douffine        |
|                                 | Aulne           |
|                                 | Kerharo         |
|                                 | Lapic           |
| Réserves souterraines moyennes  | Penzé           |
|                                 | Elorn           |
| Réserves souterraines fortes    | Dourduff        |
|                                 | Dossen          |
|                                 | Guillec         |
|                                 | Flèche          |
|                                 | Quillimadec     |
|                                 | Ris             |
|                                 | Saint Laurent   |