

**Interfaces et Gradients SARL
Pitois F. – Moreau S.
16 rue Paul Langevin
35000 RENNES**

SAGE Rance - Frémur - Baie de Beausseis

Partie 1 :
Etude de flux de nutriments
des eaux de surface

20 février 2011

Sommaire

1 - Introduction.....	3
2 – Les limites de l’exercice.....	4
21 - Hydrométrie	4
22 - Contexte géologique	7
23 - Concentrations en azote et en phosphore	8
3 - Méthode de calcul utilisée.....	10
31 - Reconstitution d’une concentration journalière	10
32 - Périodes d’observation	12
4 - Résultats	16
41 - Approche historique.....	16
411 Les nitrates.....	16
412 Le phosphore	20
42 - Approche spatiale.....	22
421 Les nitrates.....	22
422 Le phosphore	23
5 - Discussion des résultats.....	24
51 - Evolution des flux de nitrates et de Ptotal avec les débits	24
52 - Situation des eaux superficielles du SAGE RFBB dans le contexte breton	26
53 - Quelles origines des flux.....	27
531 Les nitrates.....	27
532 Le phosphore	30
54 - Quelles valeurs de flux de référence ?	35
55 - Vers quels objectifs	36
551 Nitrates	36
552 Phosphore	38

1 - Introduction

La mise à jour du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) des bassins Rance – Frémur et Baie de Beausais est l'occasion de préciser la problématique de la qualité des eaux superficielles de ces différents bassins versants inscrits dans le périmètre du SAGE.

La CLE a donc souhaité développer une approche sur les flux de nutriments véhiculés par les cours d'eau, qui n'avait pas été menée lors de l'élaboration du SAGE.

La présente mission consistait donc à rechercher de l'information pertinente et validée, pour réaliser des calculs de flux des nutriments (Azote et Phosphore) sur un maximum de cours d'eau.

Le recueil de données sur l'évolution de la qualité des eaux superficielles et sur leur régime hydrologique a été la première phase du travail. Les producteurs institutionnels de données de ce territoire ont facilité cette étape souvent laborieuse en mettant à disposition leur base numérique.

Ces producteurs de données sur la composition chimique des eaux sont :

- L'Agence de l'Eau Loire Bretagne
- Le SMPRB
- Le SMPEPCE
- La CODI
- Le CG 35
- La DDTM 22
- La DREAL Bretagne

L'ensemble des données recueillies provient donc de bases de données qui ont eu une phase de validation.

Nous utilisons ensuite un outil conceptuel de transformation d'une description mensuelle de la qualité des eaux en rapport journalier dans le but de recalculer des flux journaliers des nitrates et du phosphore total.

S'il est possible de travailler dans le temps sur quelques stations "historiques", la comparaison inter-station se limite à une plage interannuelle de 6 années pour lesquelles les informations sont disponibles pour le plus grand nombre de station de contrôle des eaux de surface.

Nous verrons également qu'il existe beaucoup moins d'information pour décrire l'évolution du Phosphore Total.

2 – Les limites de l'exercice

Le calcul de flux d'un soluté est une simple multiplication de débits (litre/s) par la concentration de ce soluté dans l'eau (mg/litre). L'incertitude de cette multiplication est donc liée à celle des mesures de débits et des analyses d'eau.

Nous reprenons ci-après les paramètres qui vont peser sur la précision et la représentativité des données utilisées pour le calcul des nitrates et du phosphore total.

21 - Hydrométrie

Il n'existe que trois stations hydrométriques fiables à l'échelle du territoire du SAGE (carte 1) , sur la Rance et le Néal, en amont du barrage de Rophémél, et sur le Frémur à l'aval du réservoir de Bois Joli (Ref : Atlas du SAGE RFBB).

Ces trois stations sont relativement anciennes et ont par conséquent une mesure des hauteurs d'eau fiabilisée, assurant une relation hauteur/débit significative. Les fiches descriptives des trois stations sont présentées en annexe 1.

	<i>Mise en service</i>	<i>Surface BV</i>
Rance	1984	151 km ²
Néal	1968	82 km ²
Frémur	1991	31 km ²

Tableau 1 : Dates de mise en service et surface du bassin versant contrôlée par les 3 stations hydrométriques

On notera cependant que la surface cumulée des trois sous bassins versants ainsi contrôlés par ces mesures hydrométriques n'est que de 264 km² pour une surface globale sous ce SAGE de 1330 km².

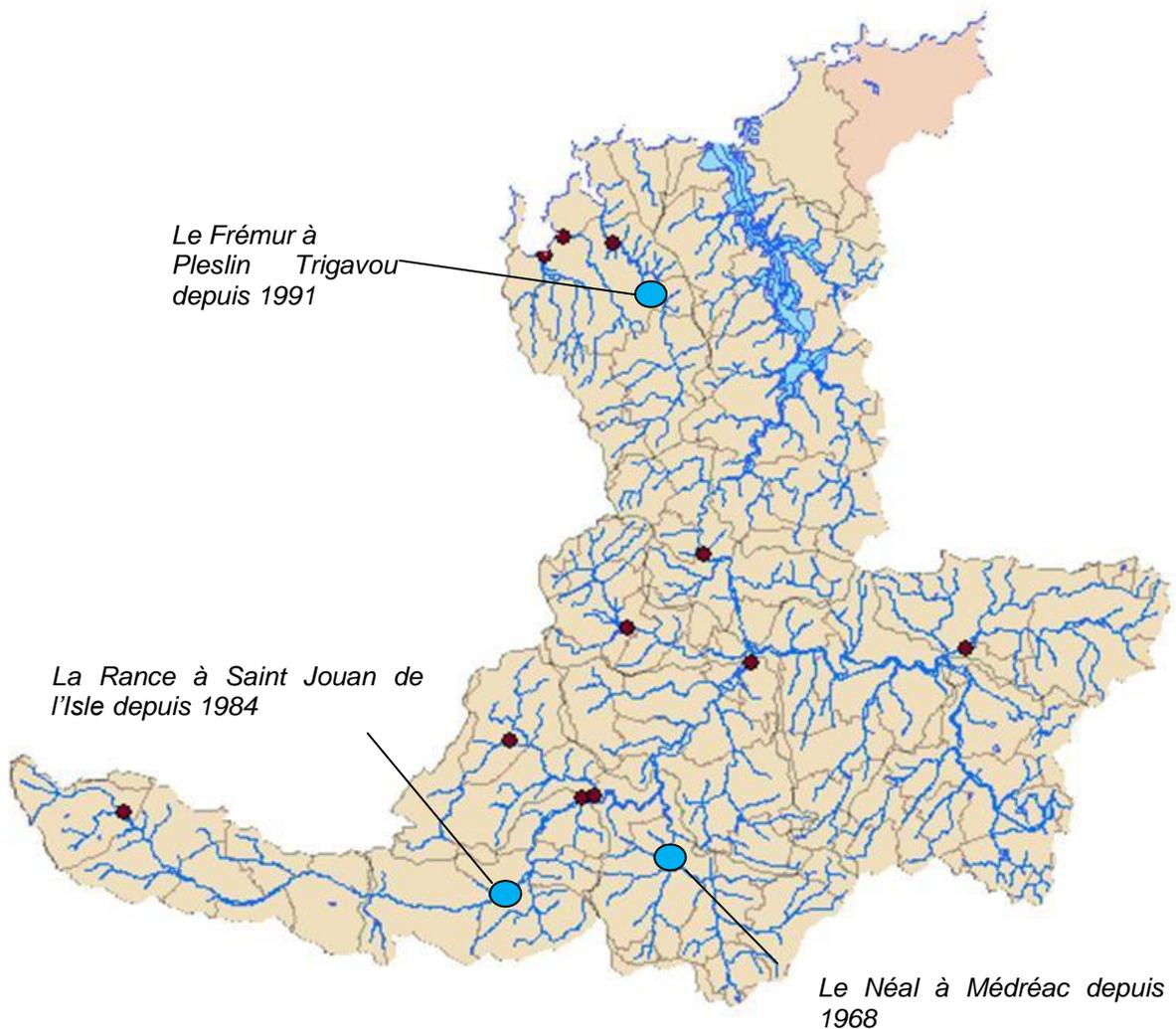
La répartition spatiale n'est pas représentative de l'ensemble du contexte hydrologique, en particulier sur l'Est du territoire (Sous bassin du Linon, Pays de Saint Malo ...).

Les stations hydrométriques les plus proches, hors limite du SAGE, sont en place sur des cours d'eau qui ont soit :

- un contexte géologique équivalent, sous conditions pluviométriques équivalentes (ex : La Rosette). Elles n'apportent donc rien de plus que les stations sélectionnées
- un contexte hydrogéologique très différent (ex : le Guyoult sur BV granitique). Elles ne pourront donc pas être utilisées pour extrapoler les débits de rivières dépourvues de mesures sur notre secteur d'étude.

Nous utiliserons donc uniquement les données des 3 stations Rance, Néal et Frémur pour simuler les débits des différents cours d'eau sur lesquels nous calculerons des flux.

Nous transformons les débits journaliers (m^3/s) exportés de la base Hydro (DREAL) en débits spécifiques journaliers ($l/s/km^2$) en les divisant par la taille du bassin versant contrôlé par la station de mesure.



Carte 1 – Localisation des 3 stations hydrométriques (Réseau DREAL) utilisées pour les calculs des flux de nutriments

Rq : les deux stations limnimétriques localisées à l'aval des barrages de Rophémel et du Bois Joli ne sont pas retenues par manque de fiabilité.

Débit exprimés en l/s/km²	Module I (débit moyen)	QMNA 5 (Etiage)	Q 10 ans (Crue)
Rance	8,10	0,52	183
Néal	5,67	0,007	171
Frémur	7,42	0,65	181

Tableau 2: Débits caractéristiques inter-annuels des trois cours d'eau (source DREAL)

Nous choisissons l'une des trois stations, en fonction de sa localisation, de l'hydrogéologie et de la pluviométrie, pour estimer des débits sur les cours d'eau dépourvus de mesures hydrométriques, en multipliant les débits spécifiques par la taille du bassin versant sur lequel nous souhaitons calculer un flux.

Le Néal se distingue par la faiblesse de ses débits moyens et d'étiage. Des périodes d'assec sont observées jusqu'à l'entrée dans Rophémel. Ces données seront représentatives du sud et du sud est du bassin (Linon).

La Rance amont est la plus humide, dans un contexte général relativement sec, conforme à la partie orientale du massif armoricain.
Ces données seront utilisées sur l'ensemble de la Rance, le Frémur et le Guinefort.

Le Frémur a des débits, impacté par la présence des retenues au fil de l'eau. La station est donc positionnée relativement haut dans le bassin à proximité de la station d'épuration de Pleslin Trigavou. Son utilisation se limitera au Frémur, au Flouabalay et au Drouet.

A ce stade nous pouvons considérer qu'une incertitude nouvelle vient s'ajouter à celle de la mesure de débit sur les stations DREAL. L'approximation que nous faisons en attribuant des débits spécifiques d'une station à une autre sera d'autant plus grande que les conditions locales seront singulières (barrage sur cours d'eau, canal et régulation hydraulique artificialisée ...).

Les débits de la Rance canalisée seraient les plus délicats à reconstituer, en moyennes et basses eaux, car fortement artificialisés et liés aux éclusées.

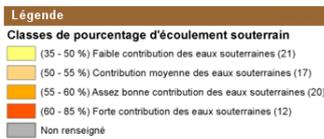
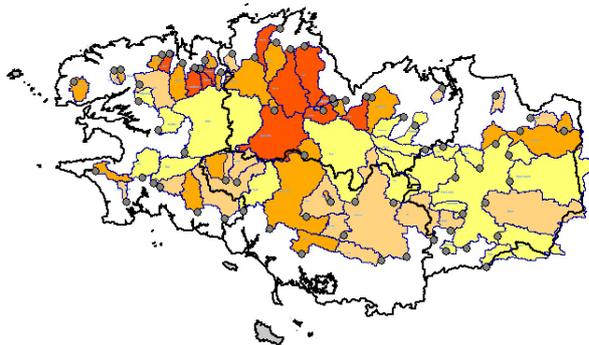
22 - Contexte géologique et hydrogéologique

Le contexte géologique du bassin de la Rance, du Frémur et du Pays de Saint Malo est complexe, impliqué dans le Synclinal nord du Massif Armoricain.

Le socle se présente comme une succession de strates sédimentaires et métamorphiques, orientées sud-ouest vers nord-est qui seront généralement imperméables. Le secteur des faluns étant une exception.

Associés à une pluviométrie relativement faible (dans un contexte régional) les débits seront ici peu soutenus sur la majorité du territoire, hormis sur la Rance amont.

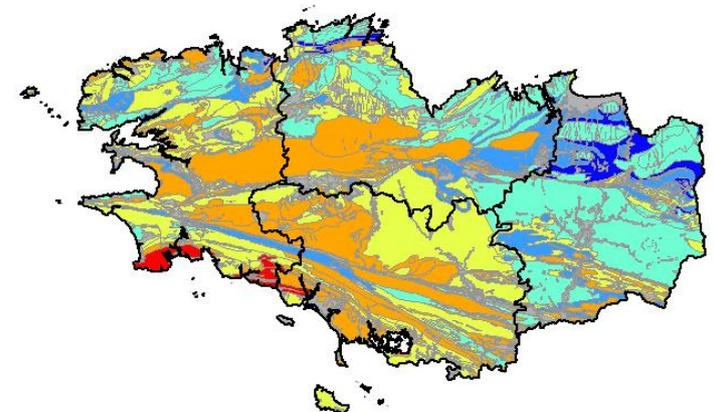
 Contribution globale annuelle des eaux souterraines à l'alimentation des rivières bretonnes



● Stations hydrométriques

Source : Base de données sur les eaux souterraines de Bretagne (Silures)

 Débits du milieu fissuré utile sur les formations géologiques bretonnes



Source : Base de données sur les eaux souterraines de Bretagne (Silures Bretagne)

Cartes 2 a et b : Cartographie du BRGM du contexte hydrogéologique breton

Les deux cartes ci dessus caractérisent la faiblesse du soutien des débits par les réseaux de nappe sur ces socles imperméabilisés.

Les trois stations hydrométriques représentent bien le contexte hydrogéologique du périmètre d'étude. C'est la répartition pluviométrique qui différenciera principalement les variations hydrologiques du Sud au nord.

23 - Concentrations en azote et en phosphore

La fréquence des suivis en routine est généralement mensuelle.

Si les données hydrologiques permettent d'avoir des chronologies anciennes sur Le Néal et sur la Rance, les suivis de qualité des eaux sont généralement plus récents.

L'azote présent dans les eaux de surface bretonne est majoritairement sous sa forme nitrique (NO_3^-). C'est le paramètre physico chimique le plus surveillé. Les flux calculés pour l'azote seront donc des flux de nitrates, correspondant à plus de 80% du flux d'azote transporté par les eaux superficielles.

Le phosphore est analysé sous sa forme dissoute réactive, assimilée aux ortho-phosphates (PO_4^{3-}) et sous la somme des formes dissoutes et particulières : le Ptotal. La concentration en PO_4 évolue rapidement entre l'eau et le sédiment, c'est la forme total (Ptotal) qui est donc utilisée pour calculer un flux de phosphore.

Les concentrations en nitrates et en phosphore total sont les données relatives à la qualité des eaux les mieux renseignées dans les différents suivis. La fréquence de surveillance est généralement mensuelle.

Nous rappelons ici qu'il est difficile de calculer des flux de nutriments à partir des suivis mensuel ou bi mensuel avec une précision satisfaisante.

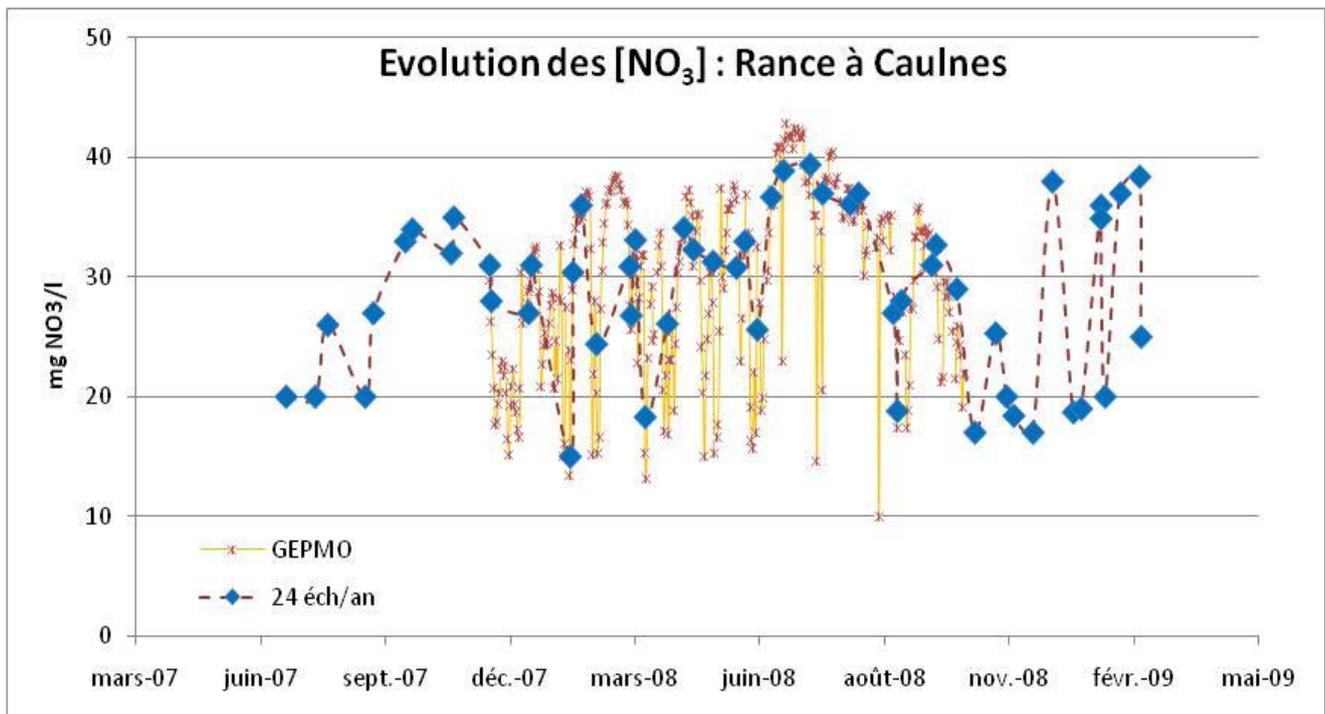


Figure 1 : Comparaison du suivi journalier (GEPMO) (points rouges) avec le suivi RCS (24 analyses par an) (la Rance 164850 à Caulnes : 2007-2008)

Le Groupe d'Etude sur la Pollution des Eaux par les Matières Organiques (GEPMO) a mis en place un suivi journalier en 2007 – 2008 aux niveaux de deux des trois principales entrées (Néal et Rance) et en sortie du barrage de Rophémel dans le cadre d'une étude spécifique à ce plan d'eau.

Ce suivi journalier permet de comparer une description journalière au suivi routine du RCS sur la figure 1 et ainsi d'illustrer la perte relative d'information que produit un suivi de routine, même avec un 24 échantillons par an (marqueurs bleus).

Les variations de concentrations en nitrates sont considérées faibles conduisant à une évolution saisonnière calée généralement sur une sinusoïde (pics en hiver et minimum en été).

Le zoom proposé ici sur une évolution journalière (observable également sur les suivis des prélèvements d'eau potabilisable) montre que les variations de concentrations et de qualité de l'eau peuvent être importantes d'un jour à l'autre, fonction de la nature des eaux qui alimentent le cours d'eau (ruissellement, réessuyage, nappe ...). Des phénomènes de dilution lors d'une forte pluie feront chuter la concentration en nitrates (pas en phosphore par contre), et une alimentation par une nappe chargée en nitrates pourra produire un pic de concentration en période de basse eau.

Si ces variations journalières des concentrations en nitrates sont souvent sous estimées dans les études diagnostic, celles des concentrations en Phosphore sont reconnues, mais difficilement prévisibles.

Une simple analyse par mois ne peut donner une image représentative de la qualité réelle des eaux au cours de ce mois.

3 - Méthode de calcul utilisée

31 - Reconstitution d'une concentration journalière

L'évolution des concentrations en nitrates est relativement simple à modéliser à postériori, à partir de données hydrologiques. Par contre les variations de MES et du Phosphore sont, dans un contexte rural, souvent chaotiques, dépendantes des phénomènes de ruissellement et de crues.

Un suivi mensuel ne permet pas de calculer des flux représentatifs.

Aussi dans un premier temps il est nécessaire de comprendre le fonctionnement des cours d'eau d'alimentation. Nous reconstruisons les chroniques hydrologiques à partir des données journalières des 3 stations limnimétriques connues.

Les domaines de variations des concentrations en phosphore et en nitrates des différents cours d'eau et de la retenue sont définis à partir des valeurs minimum et maximum identifiés à partir des suivis routine sur la période d'étude.

Nous reprenons les données des différents suivis en place. Pour les nitrates, nous avons suffisamment de données pour tester notre modélisation de reconstitution des différents compartiments du sol qui alimentent en nitrates le cours d'eau.

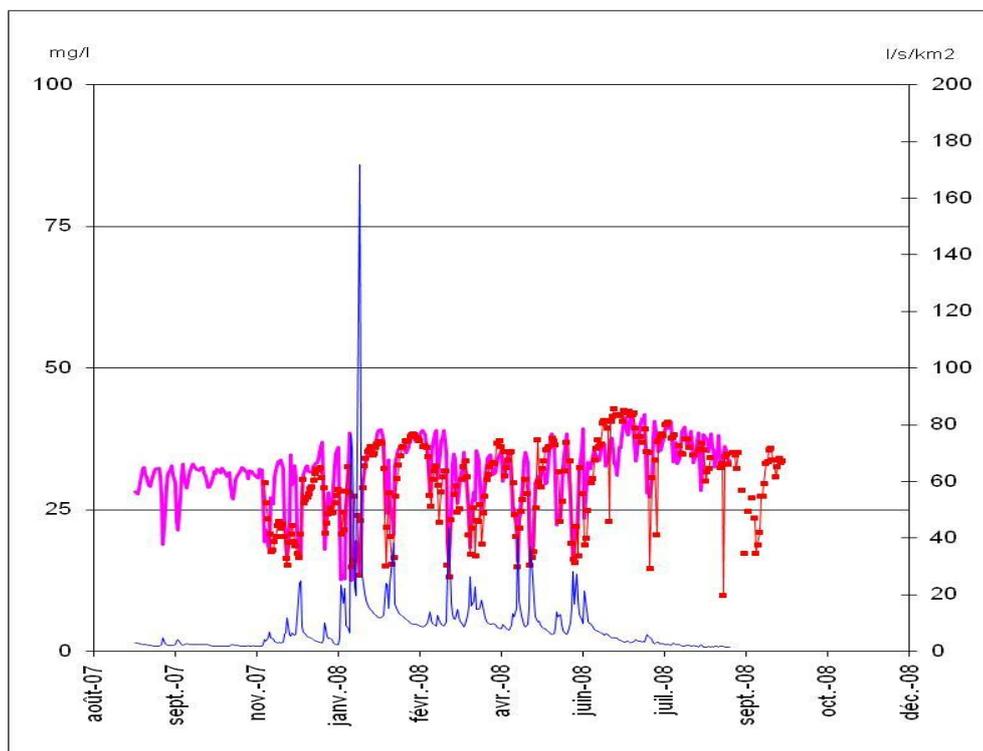


Figure 2 : Comparaison du suivi journalier (GEPMO) (points rouges) et de la reconstitution des concentrations journalières en trait plein (Appliquée à la Rance 164850 : 2007-2008)

Le suivi réalisé par le GEPMO sur le bassin de la haute Rance avait un pas de temps journalier (2007-2008). Nous avons pu ainsi caler notre outil de reconstitution des concentrations journalières à partir de suivi mensuel sur la station de la Rance en amont du Réservoir de Rophémel (Figure suivante).

L'évolution reconstituée suit les analyses journalières, excepté en début d'année hydrologique. Ce sont les données analytiques qui semblent sous estimées, comme le montre également le suivi mensuel du CG 35 entre septembre et novembre 2007 qui présente des concentrations sensiblement plus élevées à cette période.

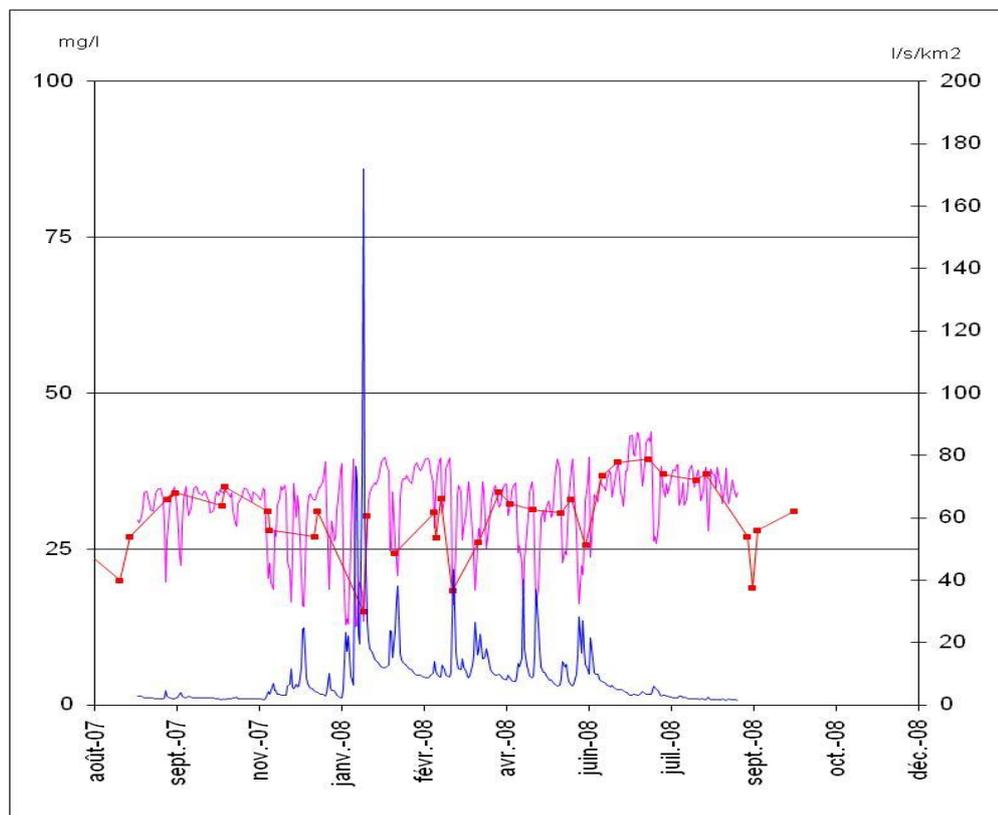


Figure 3 : Comparaison du suivi mensuel (RCS) avec la même reconstitution des concentrations journalières (Rance 164850 : 2007-2008).

La figure 3 souligne une nouvelle fois le manque de représentativité d'un suivi mensuel, en particulier sur la période de hautes eaux dans le cas présent (année 2007-2008).

La reconstitution des concentrations journalières à partir des variations de débits (courbe bleue) et de quelques mesures réalisées au cours de l'année (Ici par le RCS) nous permet de nous rapprocher de l'évolution journalière réelle sur un cycle annuel.

Il est alors possible de multiplier ces concentrations journalières (reconstituées : courbe rose) par le débit journalier mesuré (courbe bleue de la figure 3) pour donner une valeur de flux journalier.

32 - Périodes d'observation

Les stations historiques sur la Rance (fig.4), le Frémur (fig. 5) et le Néal sont riches d'information et permettent de pondérer la situation actuelle. Nous voyons ainsi d'où nous venons et nous pouvons mieux comprendre les niveaux de concentrations et de flux que nous mesurons aujourd'hui.

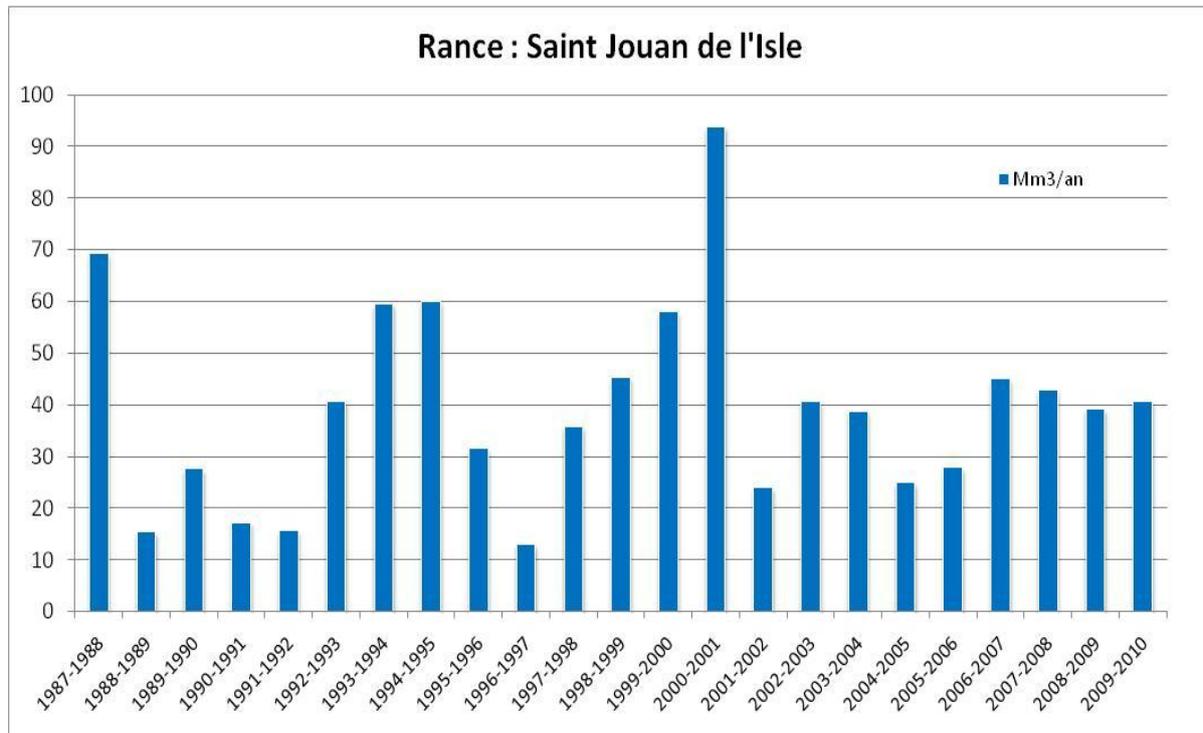


Figure 4 : Evolution des débits annuels (année hydrologique) de la Rance à Saint Jouan de l'Isle (1987-2010), exprimés en million de m³/an.

Cette figure 4 souligne les fortes variations inter-annuelles des conditions hydrologiques sur la Rance, et plus généralement sur les différents cours d'eau du Massif Armoricain. L'année 1996-1997 était la plus sèche avec 13 Millions de m³ transporté à Saint Jouan de l'Isle, opposée à l'année exceptionnellement humide 2000-2001 qui dépassa 90 Mm³. Cette évolution influencera nécessairement celle des flux de nutriments car leurs concentrations ont un domaine de variation relativement restreint comparé à celui des débits.

Après 2001, nous entrons dans un contexte moyen à sec sur 9 années, sans retour d'année humide.

Il est possible de calculer le coefficient d'hydraulicité qui permet de représenter cette variation en fonction de l'année moyenne sur la période d'observation (fig.6).

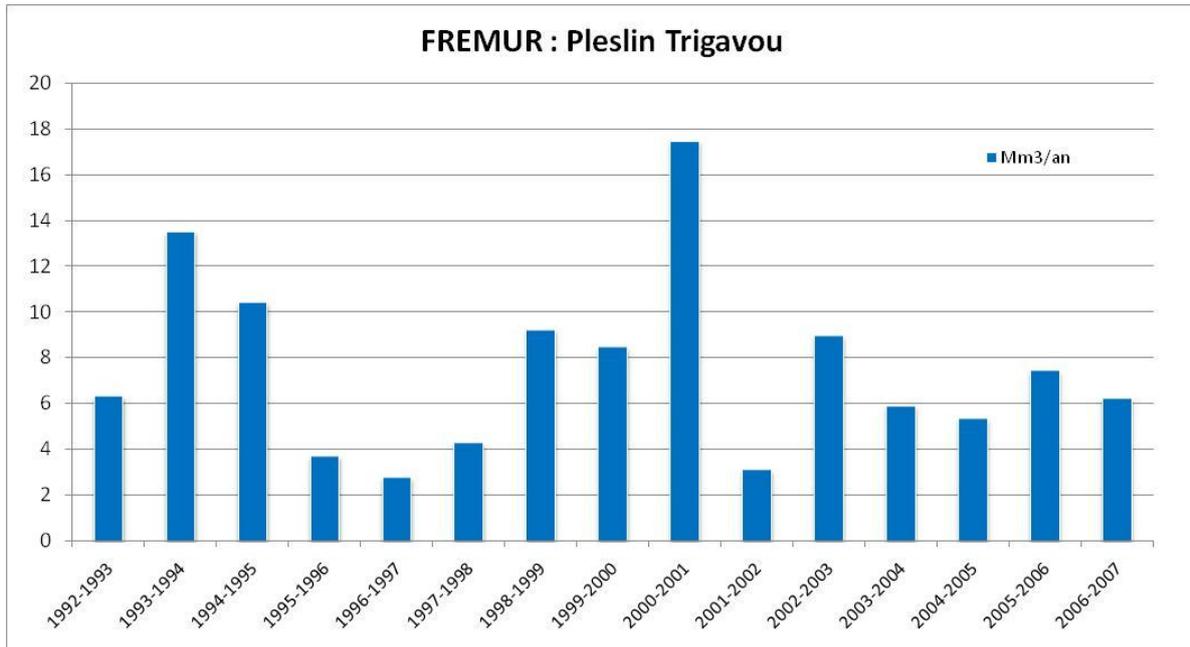


Figure 5 : Evolution des débits annuels (année hydrologique) du Frémur à Pleslin Trigavou (sur une période plus restreinte 1992-2007).

Si l'évolution et la succession des événements humides et secs sont proches sur l'ensemble du territoire, leur intensité peuvent créer des différences significatives comme le montre l'hydrographe du Frémur (fig.5). Par exemple, les années hydrologiques 93-94 et 94-95 ne sont pas équivalentes sur le Frémur, contrairement à la Rance amont, ou encore l'année 2001-2002 apparaît aussi sèche que 96-97 sur le Frémur.

Si les variations inter-annuelles sont significatives, les variations journalières et saisonnières sont encore plus importantes et influencent directement le déplacement des nutriments, des sols des versants vers les cours d'eau (Débits journaliers annexés).

Remarque : L'approche quantitative d'AgroCampus (fig.18) introduit la notion de cycle inter-annuel, un cycle étant délimité par deux années sèches. Nous serions dans un 5^{ième} cycle depuis la fin des années 80.

Agro Campus utilise également le coefficient d'hydraulicité pour pondérer l'évolution des flux, en minimisant l'influence des variations hydrologiques que soulignent les figures 4 et 5.

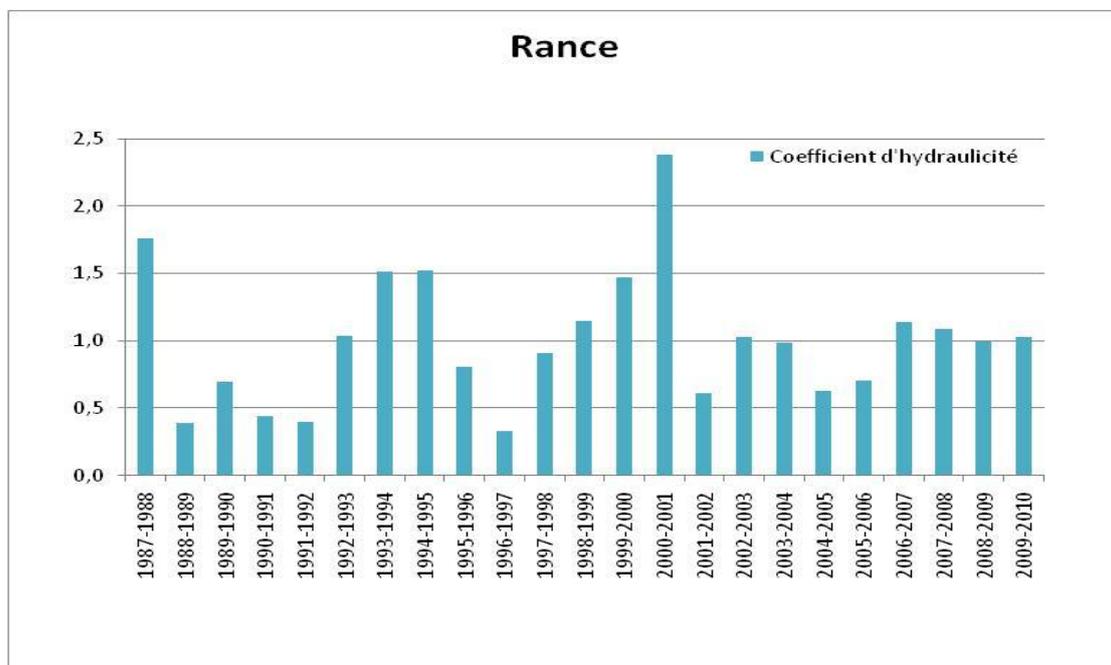


Figure 6 : Coefficient d'hydraulicité (par année hydrologique) de la Rance à Saint Jouan de l'Isle (1997-2010). L'ordonnée = 1 correspond à l'année moyenne.

Il suffit de diviser le débit annuel par le débit moyen annuel de la période étudiée pour obtenir ce coefficient. La figure 6 présente le résultat pour la station de Saint Jouan de l'Isle. Les années qui ont une valeur de 1 sont égales (en débit cumulé) à la situation moyenne. Cela ne veut pas dire que les variations saisonnières aient été équivalentes, et donc que les processus de transferts depuis les versants jusqu'au cours d'eau aient provoqué des pertes similaires.

Les variations des débits sont importantes et il convient donc de préciser sur quelle période doivent être présentés les flux.

Dans la recherche d'une valeur guide de référence pour définir des objectifs portés aux travers de la nouvelle rédaction du SAGE, il conviendra donc d'éviter d'utiliser les valeurs extrêmes mais plutôt de rechercher un constat médian, représentatif de la situation actuelle.

Pour comparer des flux sur différents sous bassins versants du périmètre d'étude, nous pouvons supposer, avant d'avoir étudié les variations des concentrations, que les années **2001 à 2008** donneront une plage d'étude suffisante (plus de 5 ans) et représentative des flux de cette dernière décennie. Nous évitons les années hydrologiques extraordinaires 2000-2001 et 1996-1997.

Les années 2008-2009 et 2010 ne seront pas utilisées pour des raisons de validation des données hydrologiques (trop récentes).

Les données disponibles pour décrire la qualité des eaux ne sont pas homogènes, et sont variables d'un sous bassin à l'autre, selon les objectifs des différents suivis mis en place par cours d'eau.

Après étude des différents protocoles de suivi, il apparaît que la période **2002 – 2007** est celle pour laquelle nous disposons d'une information la plus homogène possible à l'échelle du territoire du SAGE pour le plus de stations (fig.7).

Cette période sera donc retenue pour donner une image spatiale la plus complète possible, pour les flux de nitrates, et pour les flux de Ptotal.

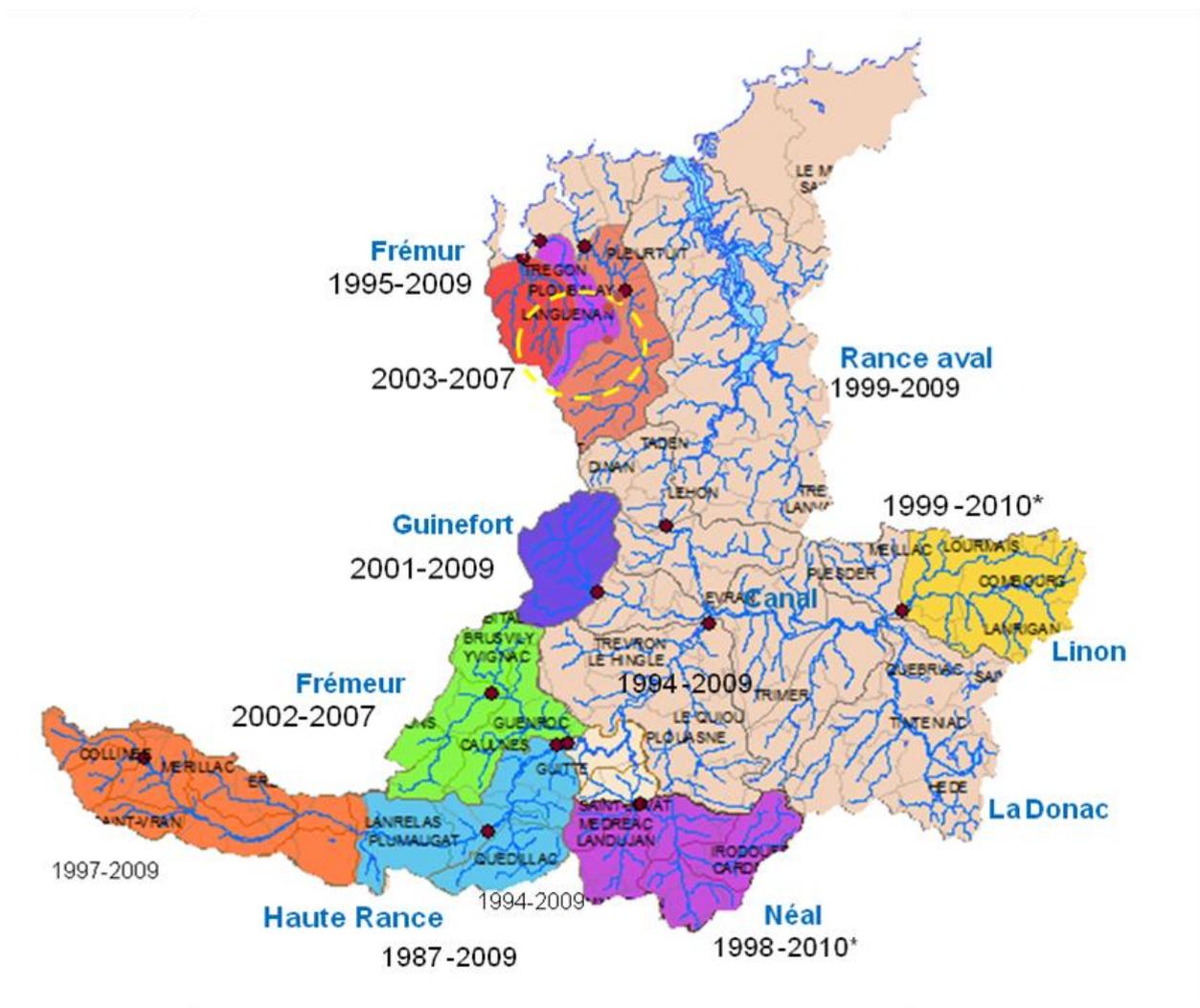


Figure 7 : Période de données disponibles sur les différents points de mesures des sous bassins versants à l'échelle du SAGE RFBB.

Nous disposons alors de 13 stations (liste annexée) pour présenter l'évolution des flux de nitrates, et seulement 9 pour les flux de phosphore.

4 - Résultats

41 - Approche historique

411 Les nitrates

Les flux ont été calculés sur une série de 20 années sur la Rance amont (Saint Jouan de l'Isle) afin de confirmer la forte corrélation entre les débits et les flux de nitrates, d'une part et de Ptotal d'autre part. Cette description est possible sur une décade à Pleslin Trigavou pour les eaux du Frémur.

Divisés par la surface du bassin versant, ces flux deviennent des flux spécifiques (ou pertes spécifiques) exprimés en kg N-NO₃/hectare/an et kg de P/ha/an.

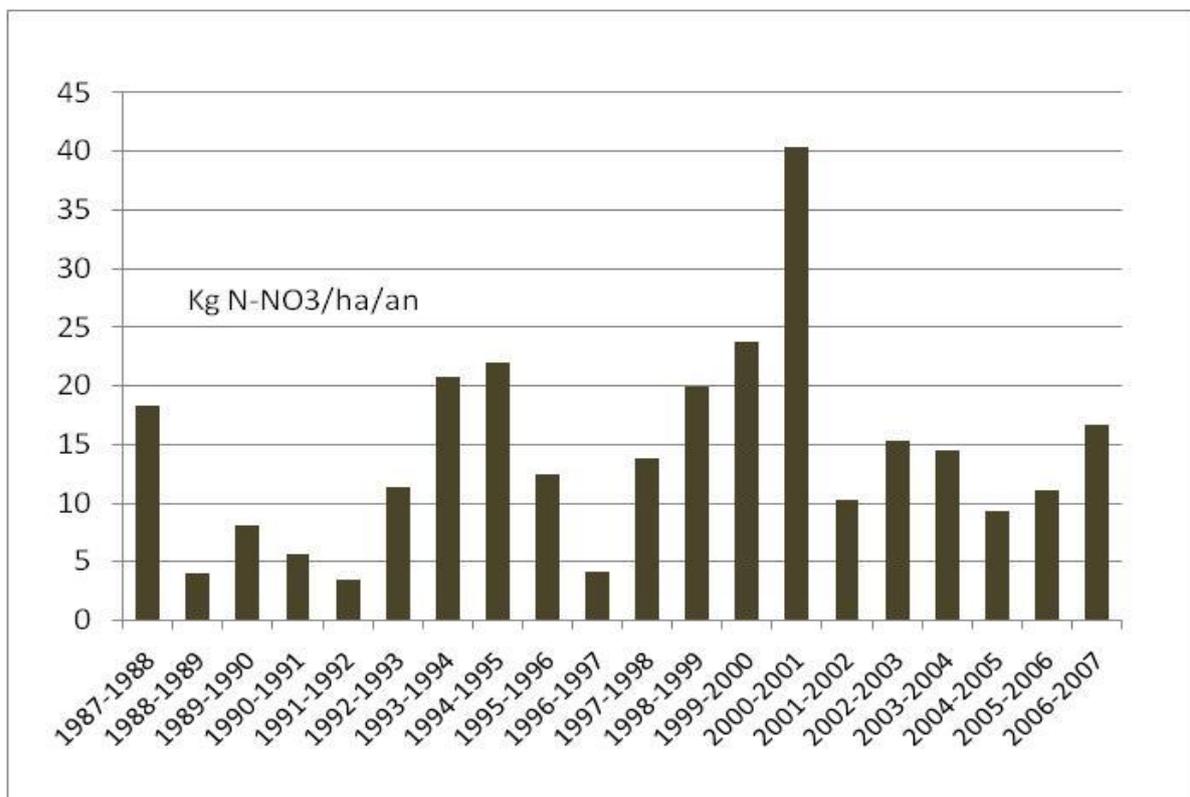


Figure 8 : Evolution des flux spécifiques de nitrates (1987-2007) transportés par la Rance à Saint Jouan de l'Isle (BV de 153 km²)

Le flux spécifique permet ainsi de comparer les exportations de bassins versants de taille différente, indépendamment de leur taille. Il correspond donc à la sensibilité du bassin versant à perdre ou non des nutriments via son réseau hydrographique.

Sur la Rance, à Saint Jouan de l'Isle, l'écart entre l'année la plus sèche 1996-1997 et l'année la plus humide 2000-2001 est toujours important (de 4 à 40 kg N/ha/an). Nous retrouvons les fortes variations de la figure 4 des débits annuels.

Lors d'une année moyennement humide l'exportation dépasse 15 kg N/ha /an (années 2002-2003 et 2006-2007).

La figure 9 introduit une autre grandeur (courbe verte), la concentration moyenne annuelle pondérée (en mg NO₃/l) par le débit, correspondant à **la concentration réelle** du volume d'eau exporté sur une année (flux annuel divisé par débit annuel), à l'exutoire du BV..

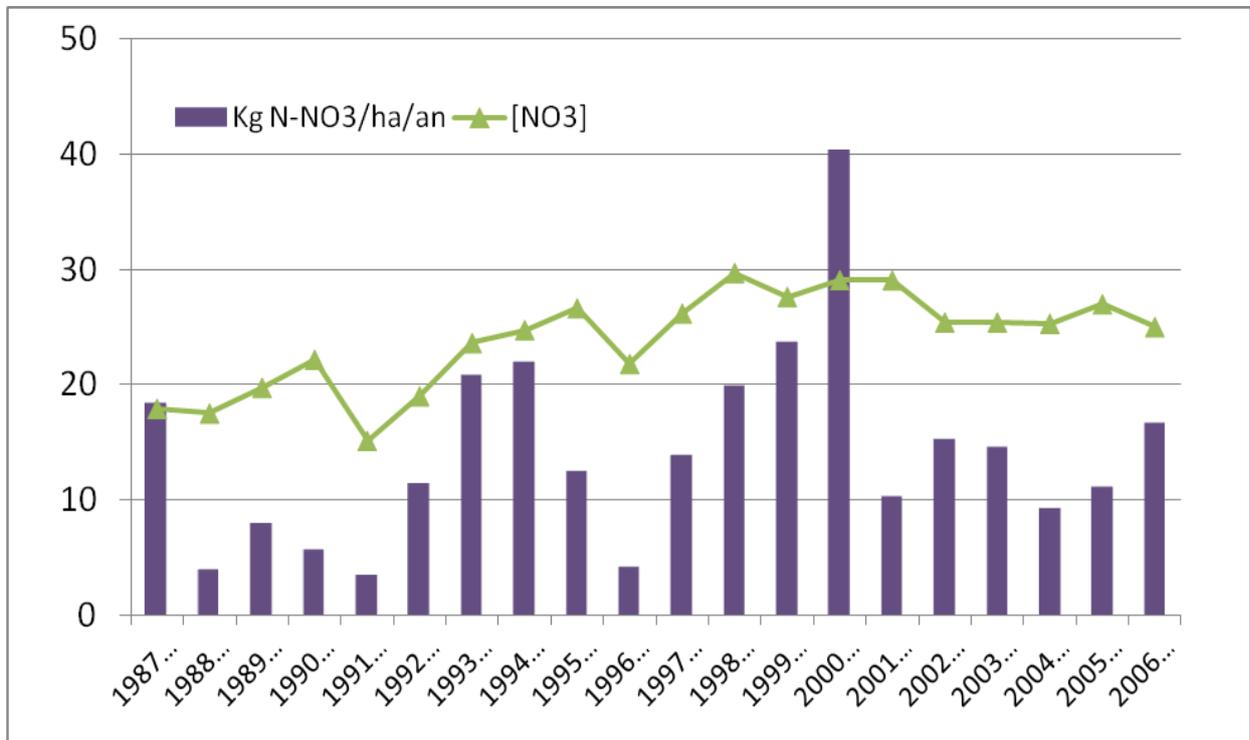


Figure 9 : Evolution comparée des flux spécifiques de nitrates (1987-2007) et des concentrations moyennes réelles (Rance à Saint Jouan de l'Isle : BV de 153 km²)

La concentration pondérée par le débit est un outil complémentaire à l'étude des flux car elle donne l'efficacité du lessivage des nitrates, en intégrant les mécanismes hydrologiques de l'année qui alimentent le cours d'eau en eau et en nutriments. Nous pouvons alors comparer une année sèche et une année humide sans perdre l'information sur le caractère humide ou non de l'année étudiée (contrairement à l'indice d'hydraulicité).

Les figures 9 et 10 présentent donc à la fois les flux spécifiques annuels de nitrates (kg N-NO₃/ha) et l'évolution de cette concentration moyenne (réelle).

Si l'évolution des flux sur la Rance amont ne donne pas de tendance sur 20 ans, la courbe des concentrations présente 2 périodes :

- Une première phase se distingue à partir de la période humide de 1993 - 1995, et correspond à une augmentation de la concentration moyenne.
- Une période d'équilibre dynamique après l'année exceptionnelle 2000-2001. Il y a une stabilisation de la concentration annuelle autour de 25mg/l.

Cette évolution qui ne peut être décrite qu'à partir de 1996 sur le Frémur confirme cette modification de l'évolution après la dernière période humide, qui atteint son apogée en 2000-2001.

Depuis 2002-2003, la concentration pondérée par les débits se stabilise à 22mg/l.

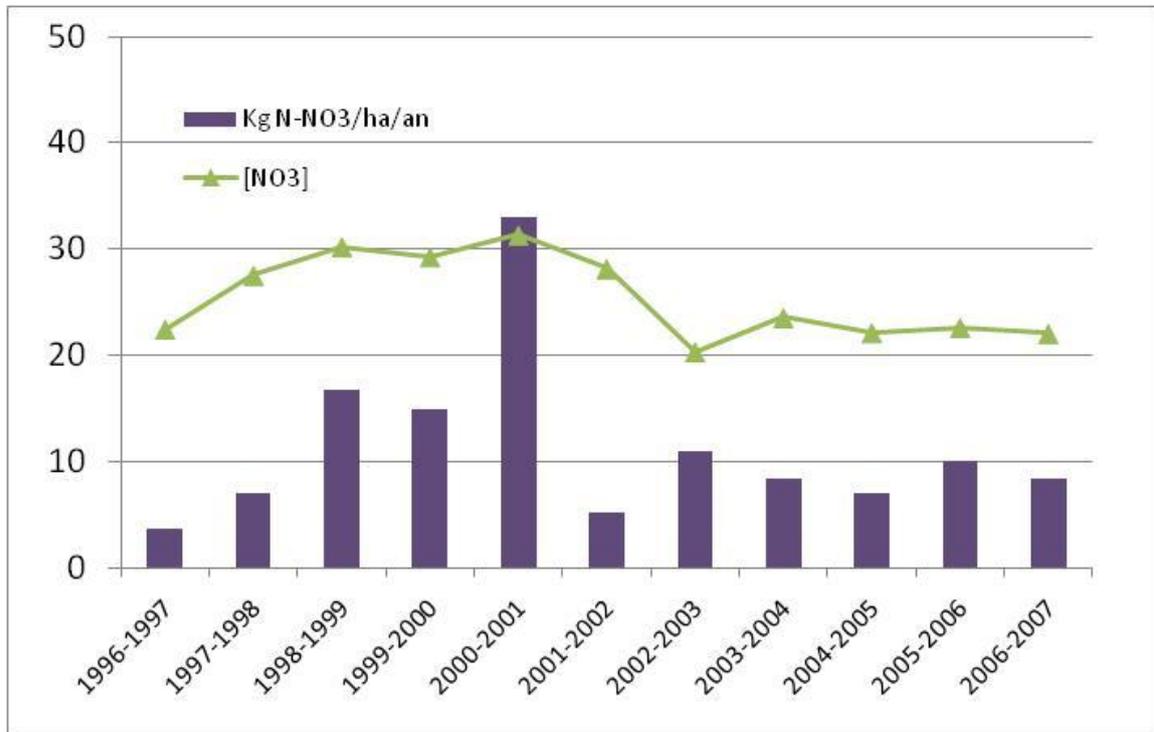


Figure 10 : Evolution comparée des flux spécifiques de nitrates (1996-2007) et des concentrations moyennes réelles (Frémur à Pleslin Trigavou : BV de 37,5 km²)

Les débits plus faibles du Frémur (à surface équivalente) produisent également des pertes spécifiques d'azote moins élevées à l'échelle du bassin du Frémur.

En pondérant les variations de flux par le coefficient d'hydraulicité le même constat est visible sur la figure 11, exprimé en tonnes de N-NO₃.

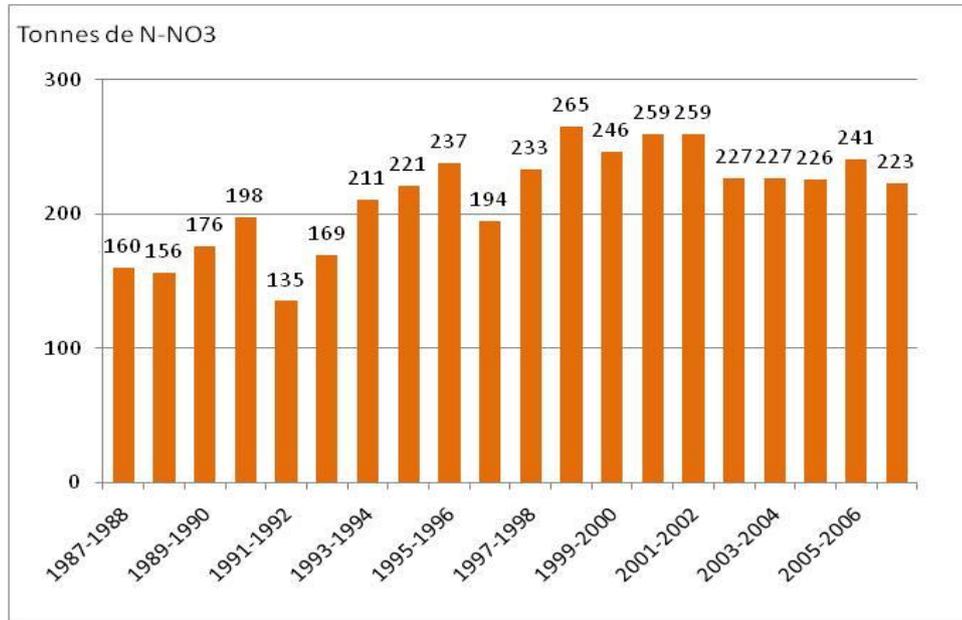


Figure 11 : Evolution comparée des flux de nitrates (1987-2007) pondérés par le coefficient d'hydraulicité de la Rance amont (BV de 153 km²).

Ce coefficient d'hydraulicité permet de donner une vue pondérée de l'évolution des flux de nitrates. Cette utilisation de l'indice d'hydraulicité induit qu'une année sèche exporterait les nitrates selon les mêmes mécanismes et vecteurs de transferts qu'une année humide ; ce qui n'est pas vrai.

Le volume cumulé annuel n'est qu'un facteur secondaire pour expliciter les exportations de nutriments, qui n'intègre pas les variations rapides et ni l'intensité des pluies ou des crues observées au cours de l'année.

Sur ce premier exemple de la Rance à Saint Jouan des Isles, nous pouvons conclure que la dernière période post 2001 est caractérisée par une période moyennement sèche, associée à une concentration moyenne réelle respective de 25 mg/l et 22 mg/l environ, et des pertes spécifiques de 13 et 9 kg N-NO₃/ha/an.

Ces valeurs qui ont été calculées pour 2 décennies serviront de base de comparaison pour l'approche spatiale réalisée sur l'ensemble des stations du périmètre d'étude (chap.42).

412 Le phosphore

La même approche dans le temps a été réalisée sur le phosphore, de 1996 à 2007. Là encore l'évolution est corrélée à celle des débits annuels sur la Rance. L'année 1996-1997 présente les flux spécifiques les plus faibles (Fig. 12 et 13).

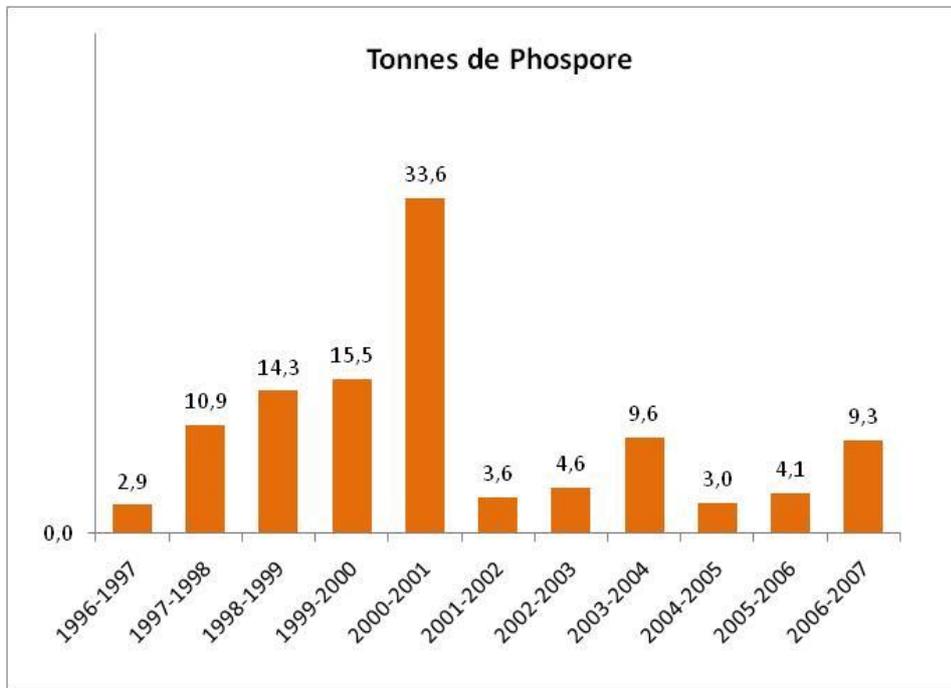


Figure 12 : Evolution des flux de Ptotal (1996-2007) de la Rance (Saint Jouan de l'Isle)

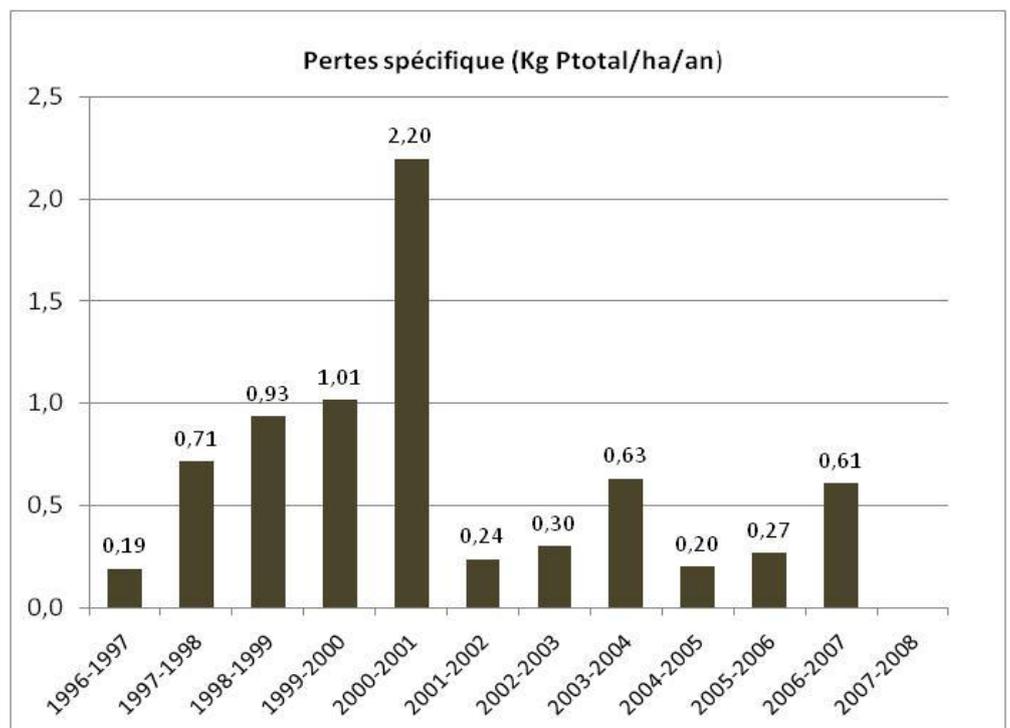


Figure 13 : Evolution des flux spécifiques de Ptotal (1996-2007) de la Rance (Saint Jouan de l'Isle)

Les flux les plus faibles sont calculés pour l'année sèche 1996-1997, opposés à ceux de l'année hyper humide 2000-2001.

La principale différence avec l'évolution des flux de nitrates, est que les années sèches 2001-2002 et 2004-2005 présenteraient des flux équivalents à ceux de 1996-1997. Ceci implique que les concentrations de cette année sèche étaient sensiblement plus élevées que celles des années 2001-2002 et 2004-2005. Ce point est illustré ci dessous par l'évolution de la concentration moyenne annuelle (concentration réelle) (figure 14: courbe verte)

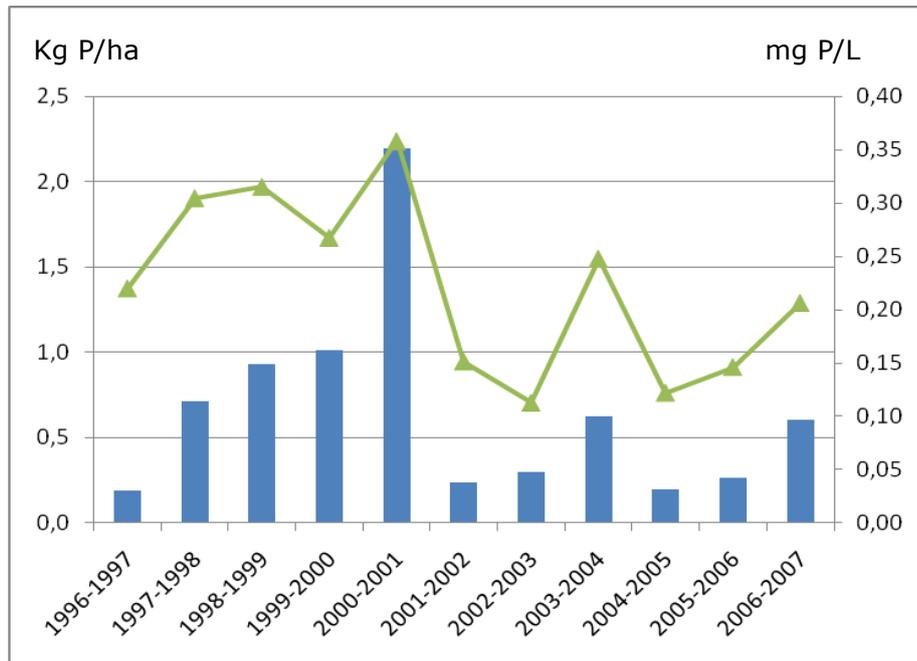


Figure 14 : Evolution comparée des flux spécifiques (kg P/ha) et des concentrations réelles en Ptotal (mg P/l) (Rance à Saint Jouan de l'Isle)

Les concentrations moyennes annuelles les plus élevées sont également observées lors des années les plus humides (de 1998 à 2001), et les remontées de concentrations sont liées à une reprise des débits (2003-2004 et 2006-2007).

Au cours de la période 2001-2007, la concentration moyenne annuelle était comprise entre 0,11 et 0,25 mg P/l, pour des pertes spécifiques qui varie du simple au triple, fonction des variations hydrologiques (de 0,20 à 0,63 kg P/ha).

La dynamique particulière du phosphore entraîne des fluctuations inter annuelles plus importantes que dans le cas des nitrates, en fonction de la sensibilité du bassin versant à perdre ou non son sol par érosion. Généralement, dans un bassin rural breton, ce sont les particules véhiculées par les eaux de surface (MES) qui transportent la majeure partie du flux de phosphore.

La période retenue pour comparer les quelques stations de mesures débute en septembre 2001 jusqu'au mois d'août 2007, après l'accident hydrologique de 2000-2001.

42 - Approche spatiale (2001-2007)

421 Les nitrates

L'évolution dans le temps a été présentée pour la Rance à Saint Jouan de l'Isle (Bassin versant de 151 km² et pour le Frémur en amont de la série de barrages (37,5 km²). Sur la période qui permet de disposer d'un maximum de données exploitables sur un maximum de stations de surveillance, le calcul du flux annuel a été réalisé (annexes : Fiche station). La figure suivante résume le constat qu'il est possible de présenter à l'échelle du périmètre du SAGE.

Nous comparons ici les flux d'azote nitrique transportés le long du cours principal de la Rance depuis sa tête de bassin (Saint Jacut du Méné) jusqu'à Léhon, en amont immédiat de la zone estuarienne avec ceux des principaux affluents. Plus de 1100 tonnes sont ainsi exportées du bassin de la Rance vers la zone estuarienne, correspondant à environ 13 kg N/ha.

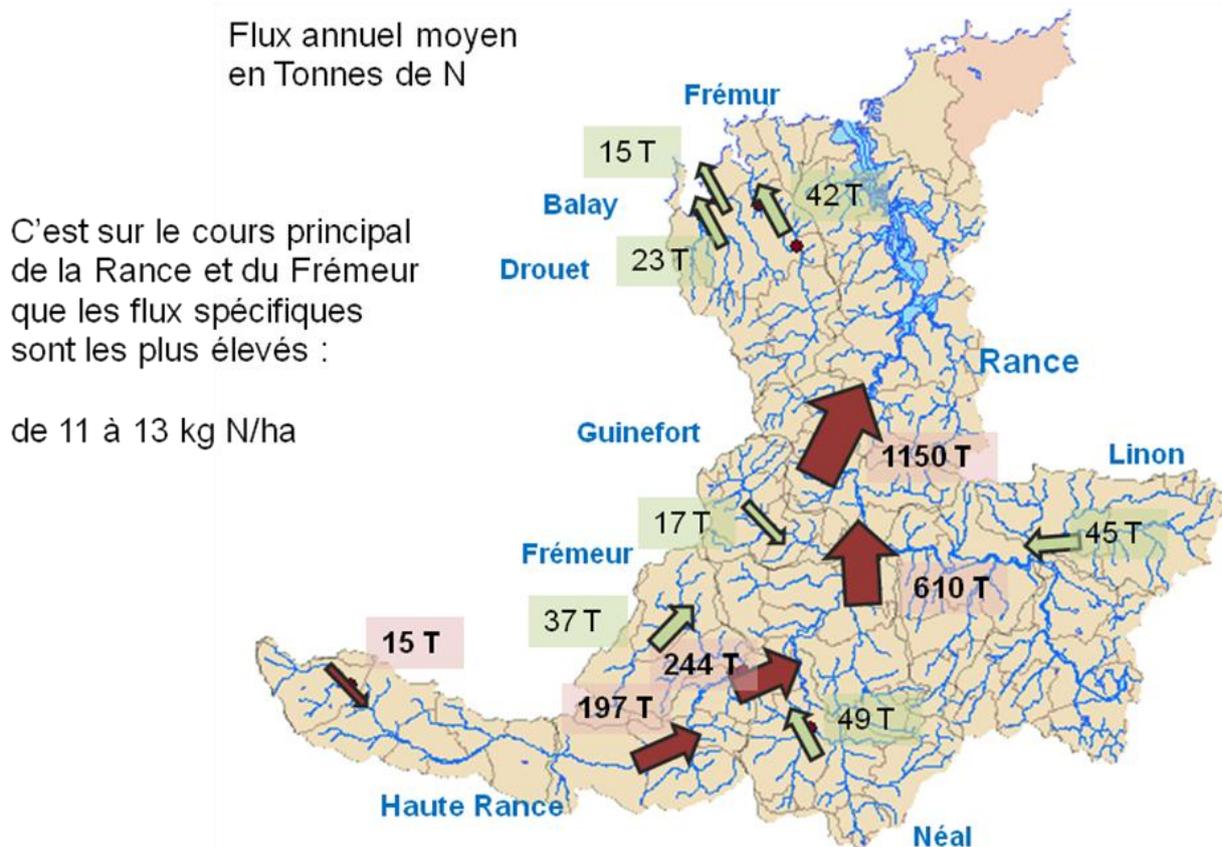


Figure 15 : Présentation des flux moyens en Tonnes de N (période 2001-2007) sur les 13 stations nitrates (cumulés en rouge le long de la Rance)

Les sous bassins du Linon, du Néal et du Guinefort ont des pertes moyennes spécifiques inférieures à 10 kg N/ha/an sur cette période.

Le Frémur de Flouabalay et le Drouet exportent un peu plus avec des flux spécifiques compris entre 2,6 et 10 kg N/ha/an environ. (Pertes spécifiques annexées).

422 Le phosphore

De la même manière la carte suivante met en évidence le déplacement des flux de phosphore sur la Rance et sur les affluents qui ont un suivi des concentrations en Ptotal.

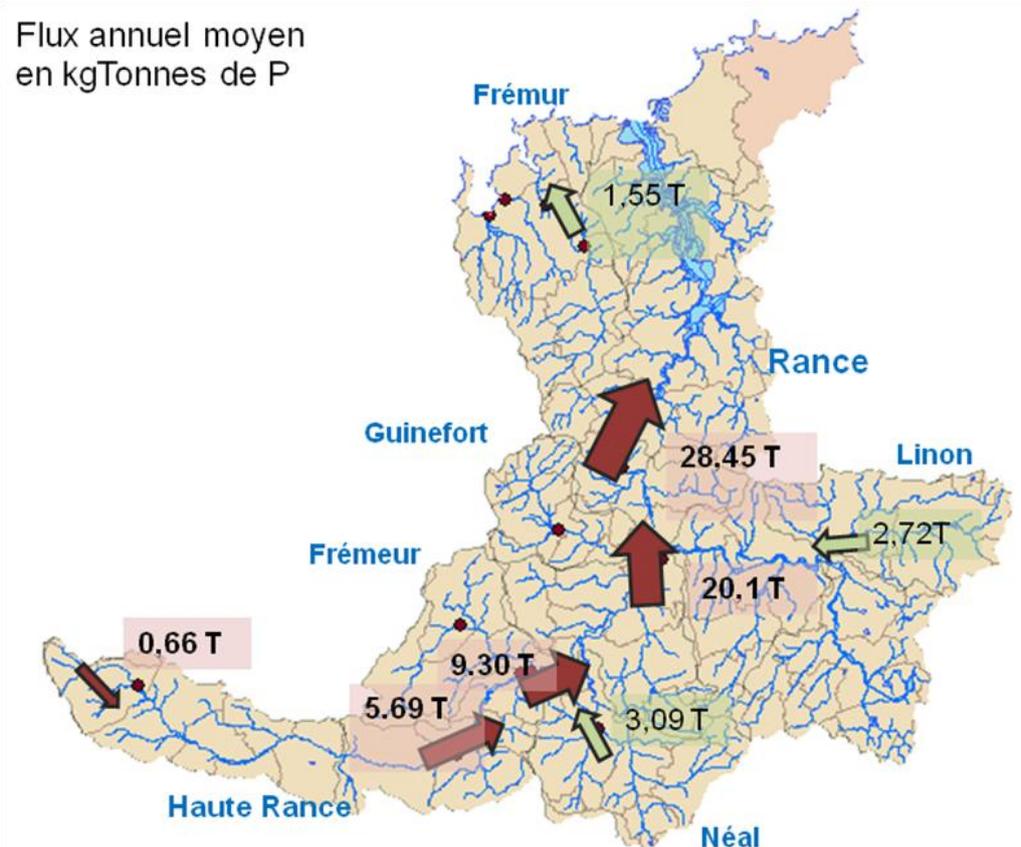


Figure 16 : Présentation des flux moyens en Tonnes de P (2001-2007) sur les 8 stations Ptotal (cumulés en rouge le long de la Rance)

Les flux sont cumulés le long de la Rance (flèches rouges). Ils atteignent près de 29 tonnes de P au pont de Léhon, en amont de la zone estuarienne, correspondant à un flux spécifique moyen de 0,32 kgP/ha/an sur la période 2001-2007.

Sur ces 8 stations, les pertes spécifiques sont relativement proches, comprises entre 0,15 et 0,60 kg P/ha/an selon les conditions climatiques. Les pertes spécifiques les plus faibles sont calculées pour les deux années les plus sèches de cette période, c'est à dire 2001-2002 et 2004-2005.

La station aval est celle qui présente la plus faible valeur maximale, soit 0,44 kgP/ha. Le phosphore ne disparaissant pas et n'ayant pas de voie gazeuse, une partie du flux amont est retenue, temporairement dans les secteurs lenticques du réseau hydrographique (retenues, canaux, écluses ...). Ces stocks sédimentés, seront ensuite remobilisés lorsque le sédiment sera remis en suspension (fortes pluies, crues ...). La détermination des flux spécifiques donnent une image relativement homogène, à l'échelle du territoire, à des niveaux moyens pour une configuration rurale du grand ouest.

5 - Discussion des résultats

51 - Evolution des flux de nitrates et de Ptotal avec les débits

La corrélation entre flux de nitrates et débits annuels est significative et liée au fait que les variations des concentrations en nitrates sont relativement stables, et également à la dynamique du nitrates qui est essentiellement sous la forme soluble.

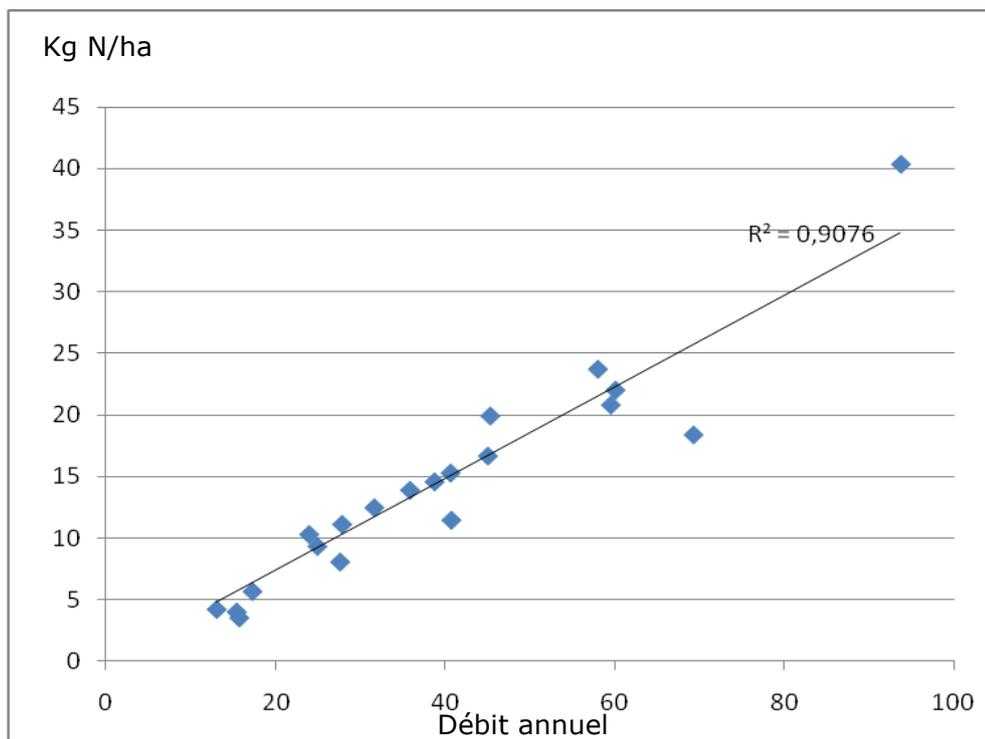
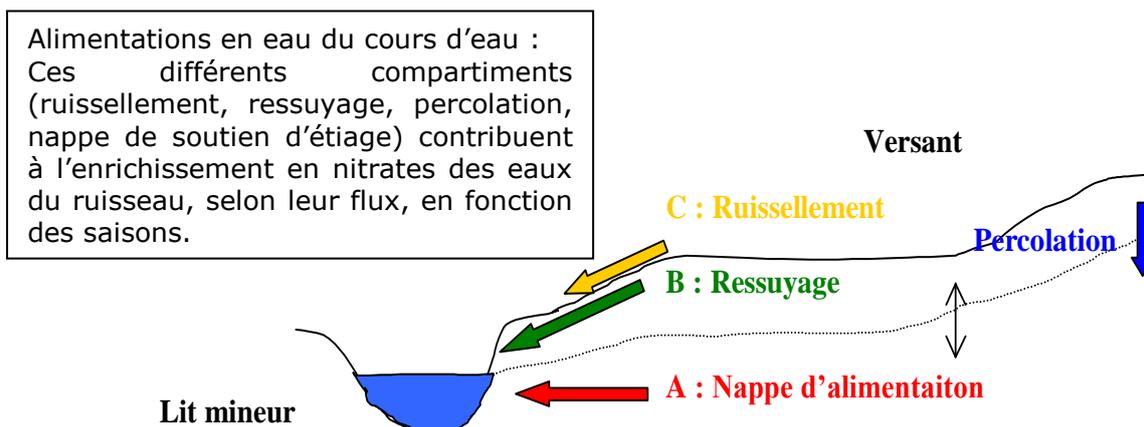
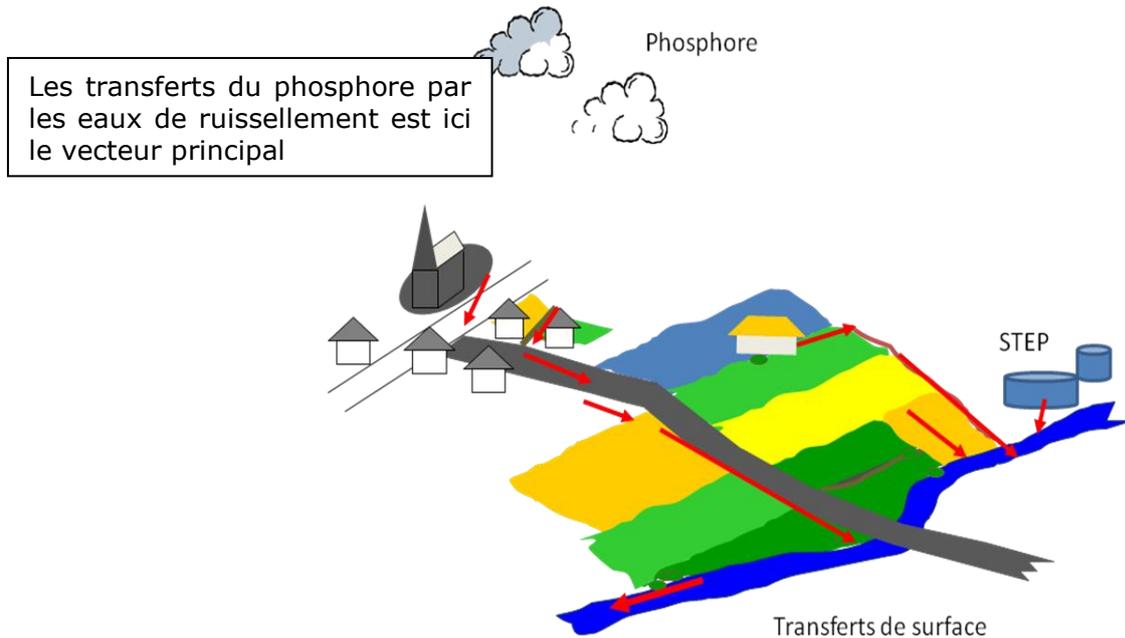


Figure 17a : Relation Débit annuel / Flux spécifiques de N-NO₃ (Rance amont) sur 20 années

La corrélation simple du flux de Ptotal avec le débit annuel est moins évidente car la concentration du Ptotal est ici liée à la dynamique des Matières En Suspension (MES), et donc à l'intensité de l'érosion des versants.



La capacité à retenir les particules fines, riches en phosphore à la parcelle serait inversement proportionnelle aux flux de P mesurés dans le réseau hydrographique.

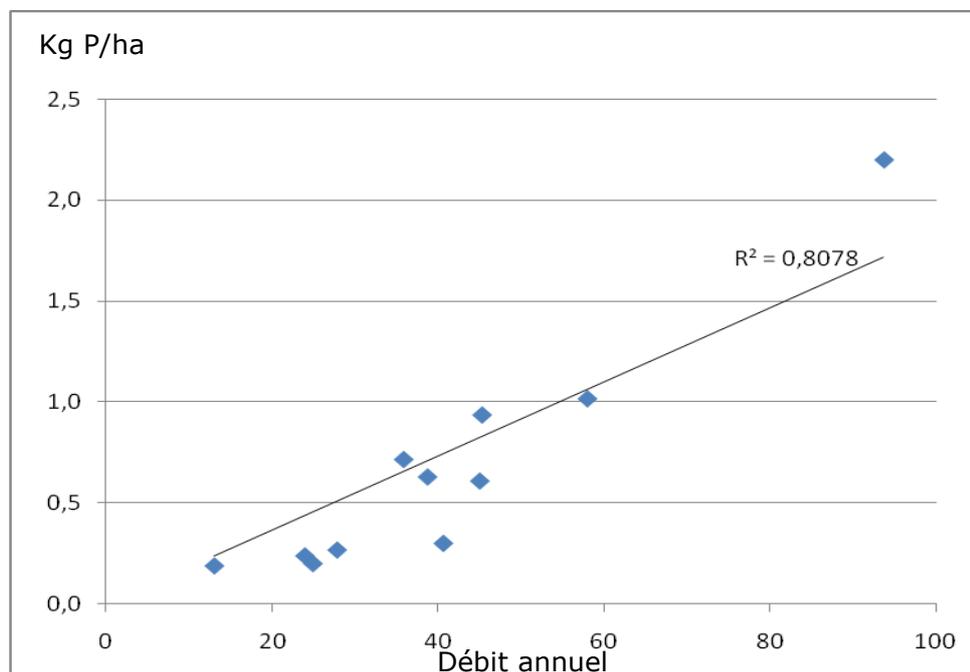


Figure 17b : Relation Débit annuel / Flux spécifiques de Ptotal (Rance Amont) (11 années)

52 - Situation des eaux superficielles du SAGE RFBB dans le contexte breton

SOGREHA et AGROCAMPUS ont calculé les flux exportés par les cours d'eau côtiers bretons pour la période 2001-2005. (4^{ème} cycle hydro).

La figure suivante, extraite du rapport régional du CSER permet de situer les flux spécifiques en azote nitriques dans le contexte régional.

La Rance présente une situation inférieure à la moyenne régionale avec seulement 19 kg N/ha () et le Frémur a les plus faibles valeurs (flèche verte) à 10 kg N/ha !

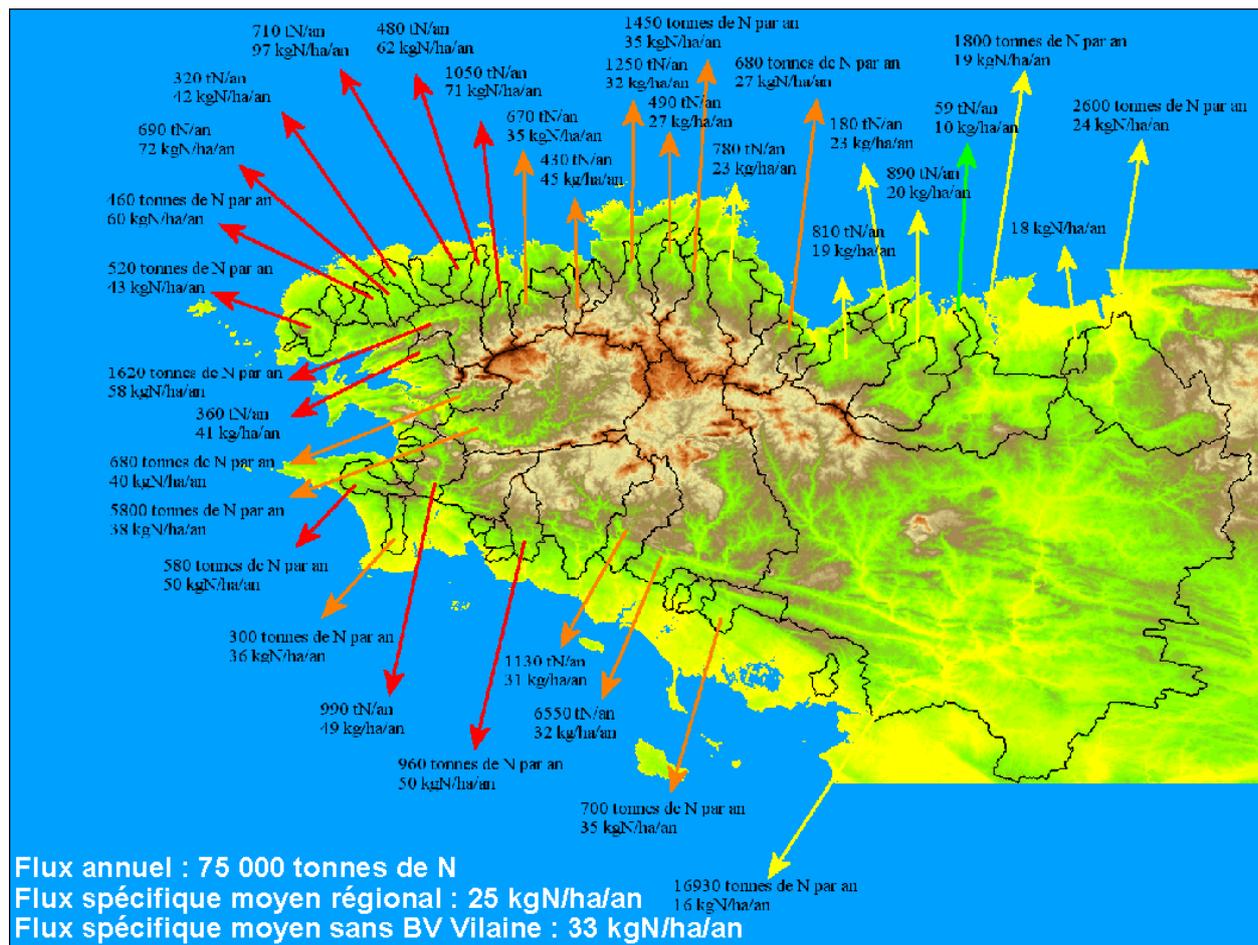


Figure 18 : Extrait du rapport du Conseil Scientifique Régional (CSER) 2009 (4^{ème} cycle : 2001-2005)

La faiblesse des débits explique la situation de la Rance, proche des niveaux du bassin de la Vilaine. Les concentrations plus faibles encore sur le Frémur conduisent aux pertes spécifiques les plus basses à l'échelle régionale, proches des niveaux estimés pour les années 80 (Ref Commentaires AgroCampus).

Rq nous obtenons sur cette période :

- de 8,3 à 17,6 kg N/ha/an pour la Rance au pont de Léhon contre 19 kg N/ha en sortie estuaire pour l'approche AgroCampus.
- De 3,2 à 10,4 kg N/ha/an pour le Frémur et 10 kgN/ha/an pour Agro Campus.

Nos calculs sont par conséquent cohérents avec les estimations réalisées à l'échelle régionale.

53 - Quelles origines des flux de nitrates et de phosphore ?

531 Les nitrates

Si les flux spécifiques sont parmi les plus faibles à l'échelle de la Bretagne, les niveaux restent cependant supérieurs à ceux attendus pour des cours d'eau de référence, non soumis à l'impact de l'activité humaine (entre 0 et 4 mg NO₃/l).

Les concentrations moyennes sont comprises entre 15 et 30 mg NO₃/l, donc largement au dessus d'un 4 mg/l d'un ruisseau forestier, mais également en deçà des 50 mg/l, seuil AEP. Le SAGE s'est orienté sur un objectif plus ambitieux à 25 mg/l, non pas pour la valeur moyenne mais pour le 90 percentile des valeurs mesurées dans les différents cours d'eau du territoire.

Si la codification du SEQ Eau classe en orange l'ensemble du réseau hydrographique, il est important de souligné que nous sommes ici à des niveaux de concentrations moyennes les plus bas en Bretagne, pour un si grand territoire (> 1000 km²) et que peu de stations amont présentent des pics de concentrations élevés.

Les nitrates sont généralement d'origine agricole et plus particulièrement liés aux lessivages des sols arables. La pression agricole avait été partiellement caractérisée en 2002 par les services statistiques de la DDAF 22 en estimant les excédents d'azote organiques par îlots de cultures (Carte 27 du SAGE).

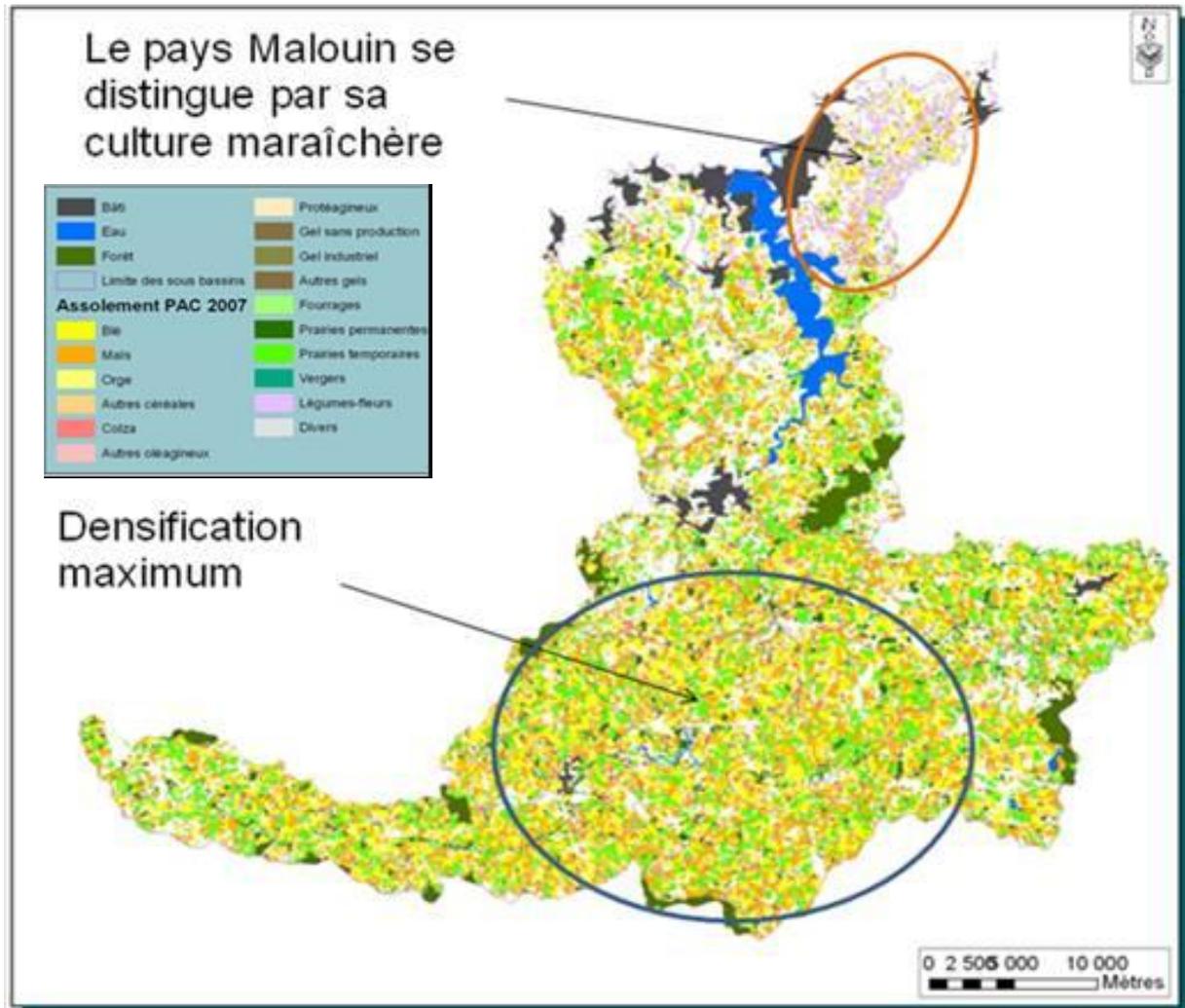
La pression apparaît alors maximale sur la Rance médiane, intégrant le bassin du Frémur et du Néal (Carte 3).

Le Linon, la tête de bassin de la Rance, le Guinefort, le Frémur et les côtiers malouins étaient considérés en déficit dans ce bilan de l'azote des fumures organiques / exportation par les cultures.

Au cours de cette étude, l'exploitation des données PAC (années 2007 et 2008) a permis de mettre des chiffres précis sur l'occupation des sols à l'échelle des grands sous bassins, à partir de données reportées dans les îlots PAC. Le découpage spatial tient alors en compte des spécificités locales, contrairement aux données statistiques cantonales et même communales (Type RA 2000).

C'est une représentation Vraie de l'occupation des sols qui est ici produite. Il est alors possible de fournir des statistiques sur l'occupation des sols, représentative de la pression et des itinéraires techniques des différents sous bassins.

Une analyse plus précise sur les micro-bassins versant côtiers et estuariens recherche la relation de cause à effet pour préciser la sensibilité aux fuites de nitrates (Partie 3). Des points particuliers sont également à préciser.



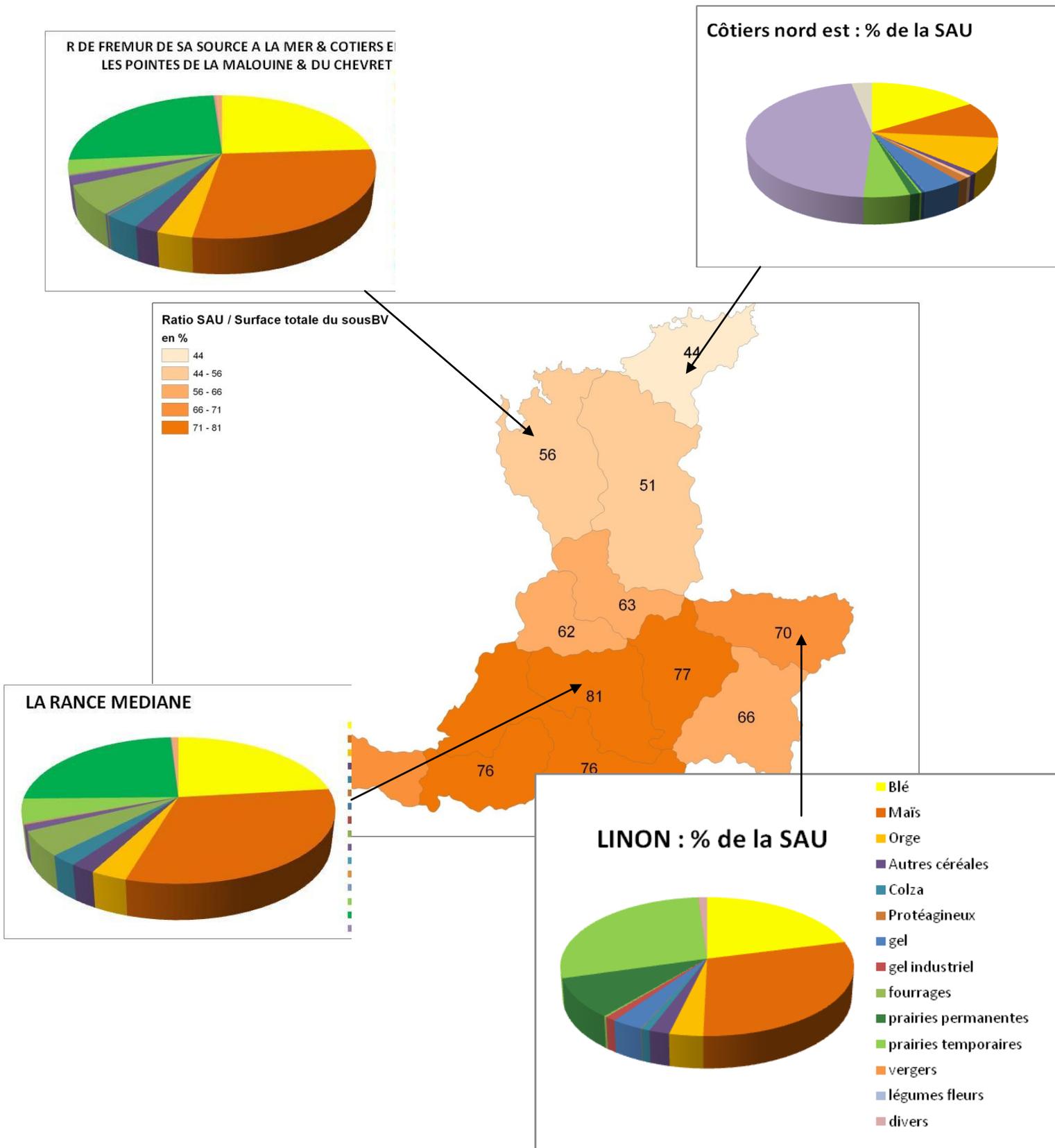
Carte 3 : Représentation de l'occupation des sols à partir des cultures dominantes des ilots PAC (Données 2007)

Le Pays malouin est en déficit organique, mais la culture maraîchère est connue pour son utilisation systématique de l'engrais minéral (pour lequel nous ne disposerons pas d'information quantitative) et également pour ses besoins de fumure organique qu'il faut donc importer.

Parallèlement la déprise agricole est importante sur ce secteur (SAU occupant moins 50% du territoire). La modélisation des concentrations et flux de nitrates ne peut donc être basée sur les mêmes paramètres agricoles que ceux qui seront retenus pour les bassins d'élevage.

La tête du bassin de la Rance pose un autre problème car l'évolution des concentrations en nitrates, est insolite, avec une nette augmentation ces dernières années (depuis 2005). Sur ce point précis, il est fort probable que le rejet de la station industrielle amont soit responsable de ce signal inattendu dans le cours d'eau. En terme de flux, ce point est anecdotique mais il montre que, ponctuellement, il est possible de trouver d'autres sources de nitrates pour le cours d'eau.

Un dernier point qu'il faudra confirmé à partir des suivis sanitaires 2010 (SATESE 22), sera le niveau d'épuration de la nature de la station de Dinan car les chiffres des suivis montrent des concentrations et des flux de nitrates non négligeables, en amont immédiat de la pleine de Taden (Erreur possible des rapports de synthèses).



Carte 4 : SAU (en % de surface totale) par sous bassin versant. (Données 2007).
Répartition de l'assolement sur 4 sous bassins versants représentatifs du territoire du SAGE RFBB

Cette analyse spatiale des données de déclaration PAC donne aujourd'hui une vision précise de l'assolement, mais un manque d'information persiste sur les intrants, organiques et minéraux, en azote et en phosphore sur ces terres agricoles.

532 Le phosphore

Si le calcul du flux de phosphore est plus discutable, et moins précis que celui des nitrates, nous atteignons une précision suffisamment grande pour définir un niveau de sensibilité des eaux de surface du territoire d'étude vis-à-vis du phosphore, à la fois avec ces valeurs de flux spécifiques et avec l'évolution des concentrations en Ptotal et en ortho-phosphates.

Si une observation rapide du paysage met en évidence des configurations aggravantes des phénomènes d'érosion sur la majorité du territoire, les valeurs des flux spécifiques de 0,60 kg P/ha lors des années moyennes sur le plan hydrologique) restent encore modérées, dans le contexte régional.

La source principale du phosphore reste l'érosion, car les courbes de Ptotal et de MES sont généralement en harmonie, et les ortho phosphates n'apportent qu'une partie marginale du Ptotal.

Le calcul des flux de phosphore émis par les différentes stations d'épuration (chiffres 2008 et 2009) confirment que la majorité du flux pour une année moyennement humide ne s'explique pas uniquement par les rejets urbains (ref à la figure 20).

Par exemple, à Caulnes (station 164850) le flux véhiculé par la Rance est de 5,7 tonnes de P, pour un rejet cumulé de 0,9 tonne par les 3 stations d'épuration communales. Les rejets directs ne représentent que 16 % du flux de P, dans un contexte moyen.

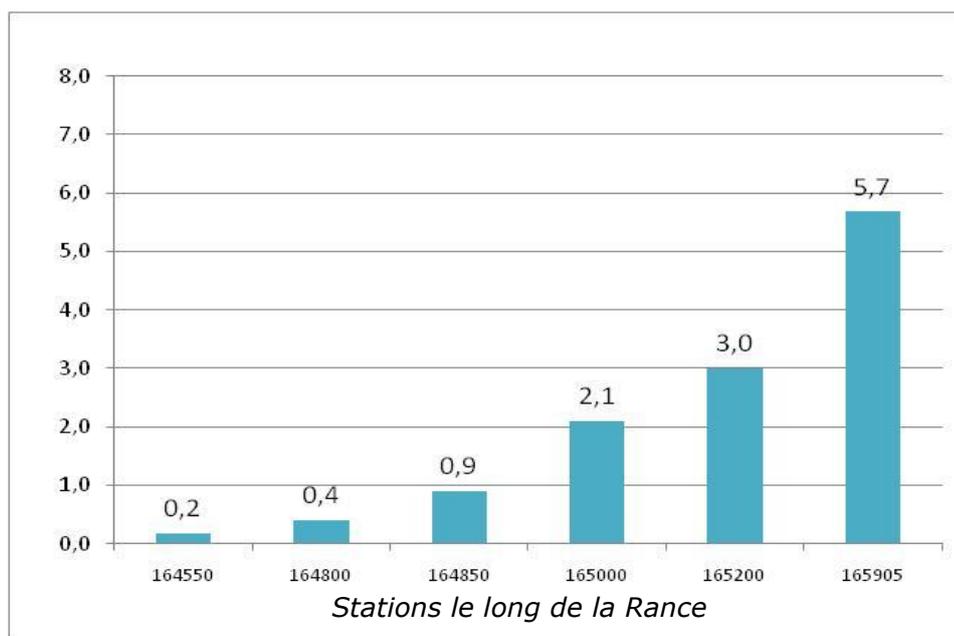


Figure 19 : Flux Phosphore cumulés en des rejets de Stations d'épuration sur le cours de la Rance : données 2008 et 2009)

En descendant vers le nord, le nombre d'équivalents habitants à traiter augmente significativement. Ainsi à Léhon (station 165905) le flux de P rejeté par les stations d'épuration communales atteint 5,7 tonnes à comparer aux 28,4 tonnes calculées à l'exutoire de ce grand bassin de la Rance fluviale de 883 km² ; correspondant à une contribution de 20%.

Nous pouvons considérer que la part de l'érosion est majoritaire (Ref aux fiches stations annexées), comme sur la majorité des bassins au caractère rural dominant.

La plupart de ces stations ont des niveaux d'épuration satisfaisant pour l'azote et aussi pour le phosphore. Ces rejets peuvent toutefois avoir un impact non négligeable dans l'enrichissement des secteurs sensibles, dans l'estuaires et sur la côte, en apportant un flux régulier de phosphore soluble (et d'azote), en période printanière et estivale, lorsque

les débits des versants amont n’approvisionnent plus ces secteurs. Ce phosphore dissous est de plus, facilement assimilable par les algues.

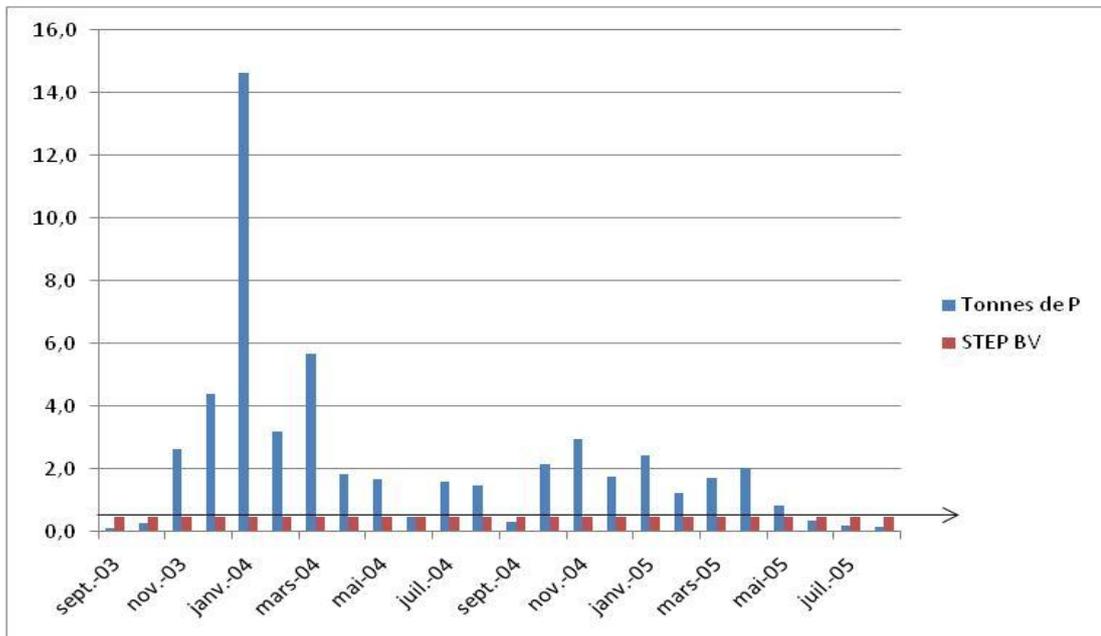


Figure 20 : Comparaison des flux mensuels exportés par la Rance à Léhon (bleu) avec l’estimation des flux rejetés par les stations d’épuration en amont de Léhon (rouge)

Cette superposition n’est que théorique (fig 20) car en période d’étiage, le flux rejeté dans les cours d’eau en tête de bassin n’atteint pas Léon et reste piégé dans les sédiments de l’hydrosystème fluvial. Il y a un décalage dans le temps dû au déplacement en spirale du phosphore dans le cours d’eau, de l’amont vers l’aval.

La densité de la population augmente significativement sur les versants de l’estuaire et davantage encore sur la côte. Ceci était visible sur la carte 28 de l’atlas mais sous estimé par la représentation des catégories de station d’épuration.

La capacité totale des stations des communes qui ont un rejet dirigé vers l’estuaire est supérieure à 80.000 Equivalents habitants (Dinan inclu avec ses 50000 Eq hab.) contre 37860 sur le grand bassin de la Rance fluviale.

Sur la côte, la densité est normalement plus forte, et se traduit par des ouvrages d’épuration des eaux usées adaptés avec 226.300 Equ. habitants de capacité totale (dont 122000 pour Saint Malo). (Figure 21).

Les 65 stations communales sont donc réparties selon un gradient sud – nord, et les capacités nominales sont bien entendu plus importantes lorsque l’on se rapproche de la côte.

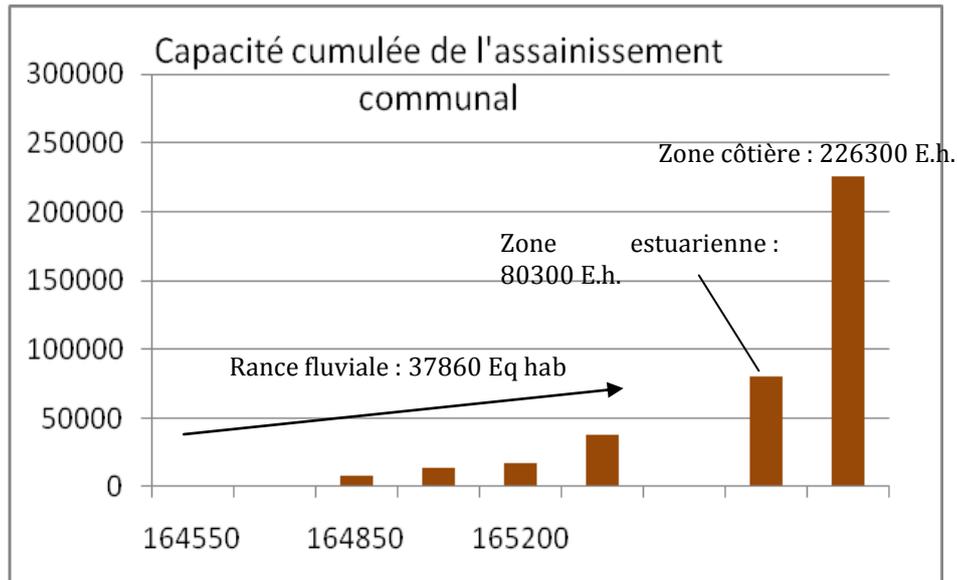


Figure 21 : Capacité d'épuration en Equivalent habitants cumulée sur la Rance, sur les versants de l'estuaire et sur la côte (données 2008 et 2009)

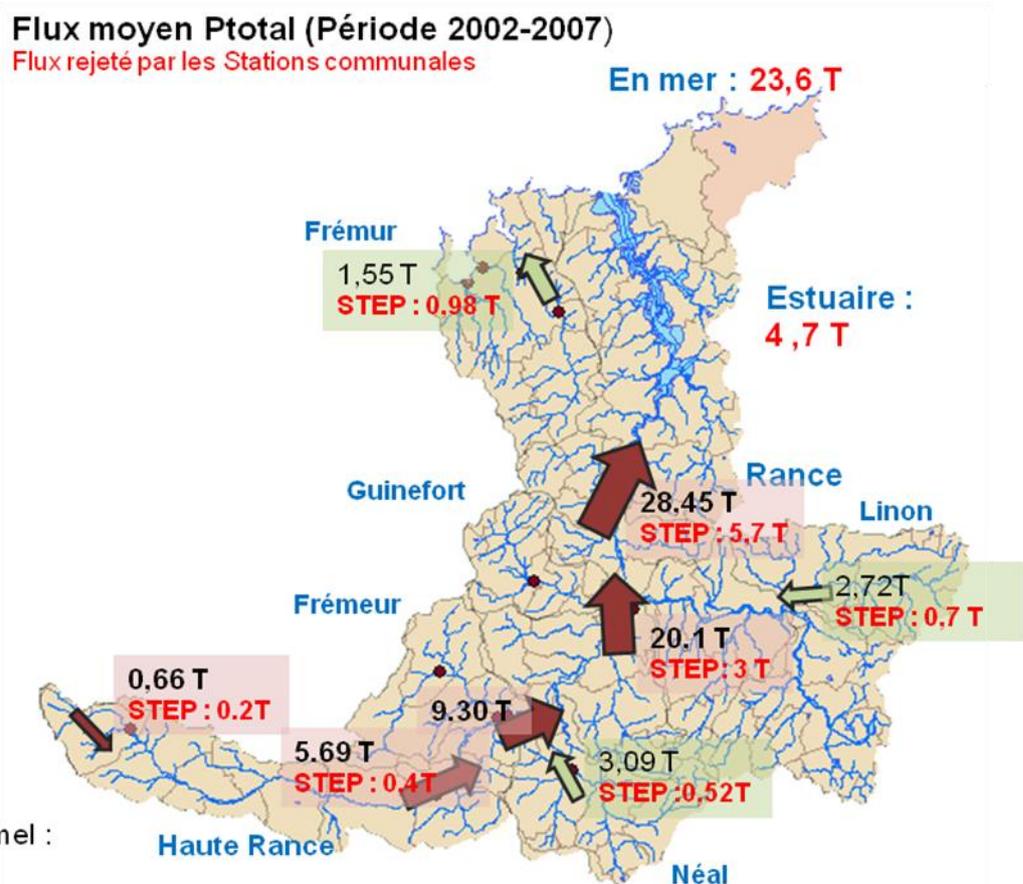


Figure 22 : Présentation des flux moyens en Tonnes de P (2001-2007) sur les 8 stations Ptotal, ; comparés aux flux annuels rejetés par les stations d'épuration communales

Ainsi les flux réels des stations de l'estuaires (Dinan compris) rejettent environ 4,7 tonnes de phosphore, à comparer aux 28,4 tonnes exportés, en moyenne, du bassin de la Rance Fluviale.

Ce flux de rejets directs identifiés, relativement homogène dans le temps, va devenir non négligeable lors des années les plus sèches car le flux du bassin amont sera au minimum, et d'autant plus faible au printemps et l'été car les débits de la Rance seront peu soutenus.

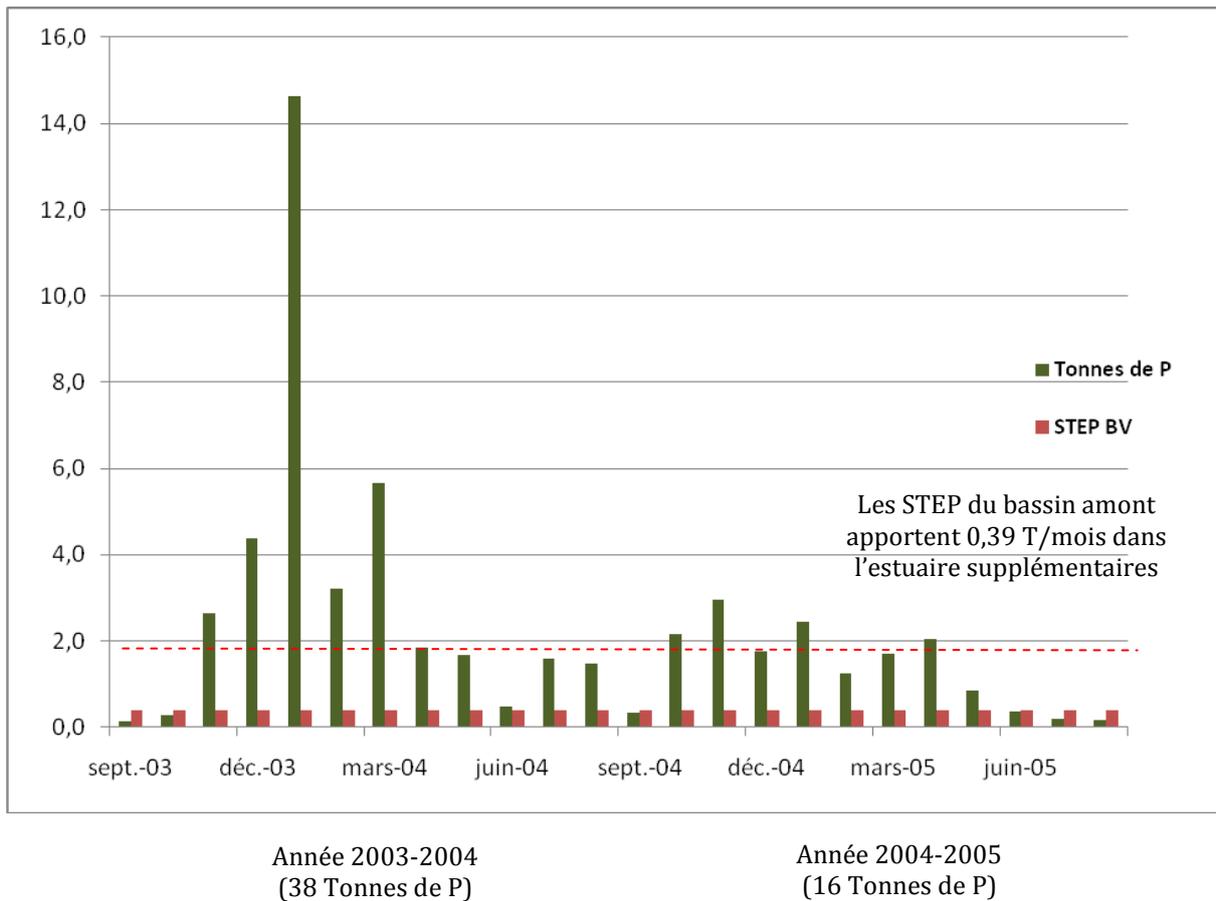


Figure 23 : Comparaison des flux mensuels de phosphore exportés par la Rance à Léhon avec les flux totaux rejetés par les stations de la zone estuarienne. La ligne en pointillés matérialise le niveau de 0,79 T/mois en ajoutant les flux rejetés par les stations du bassin de la Rance fluviale.

Ce constat est illustré (fig.23) en reprenant deux contextes moyennement humide (2003-2004) et sec (2004-2005). La somme des flux ponctuels peut être considérée négligeable lors des crues hivernales de la Rance, mais elle devient la source principale de phosphore (facilement assimilable par la biomasse aquatique) lorsque les débits de la Rance diminuent (ici dès le mois de juin 2005).

Ce point est plus marquant encore sur le Frémur à Pleslin (fig.24), dont le bassin versant n'est que de 37,5 km². L'impact des 4 stations d'épuration amont, de petites tailles pourtant, n'est plus négligeable en moyennes et basses eaux.

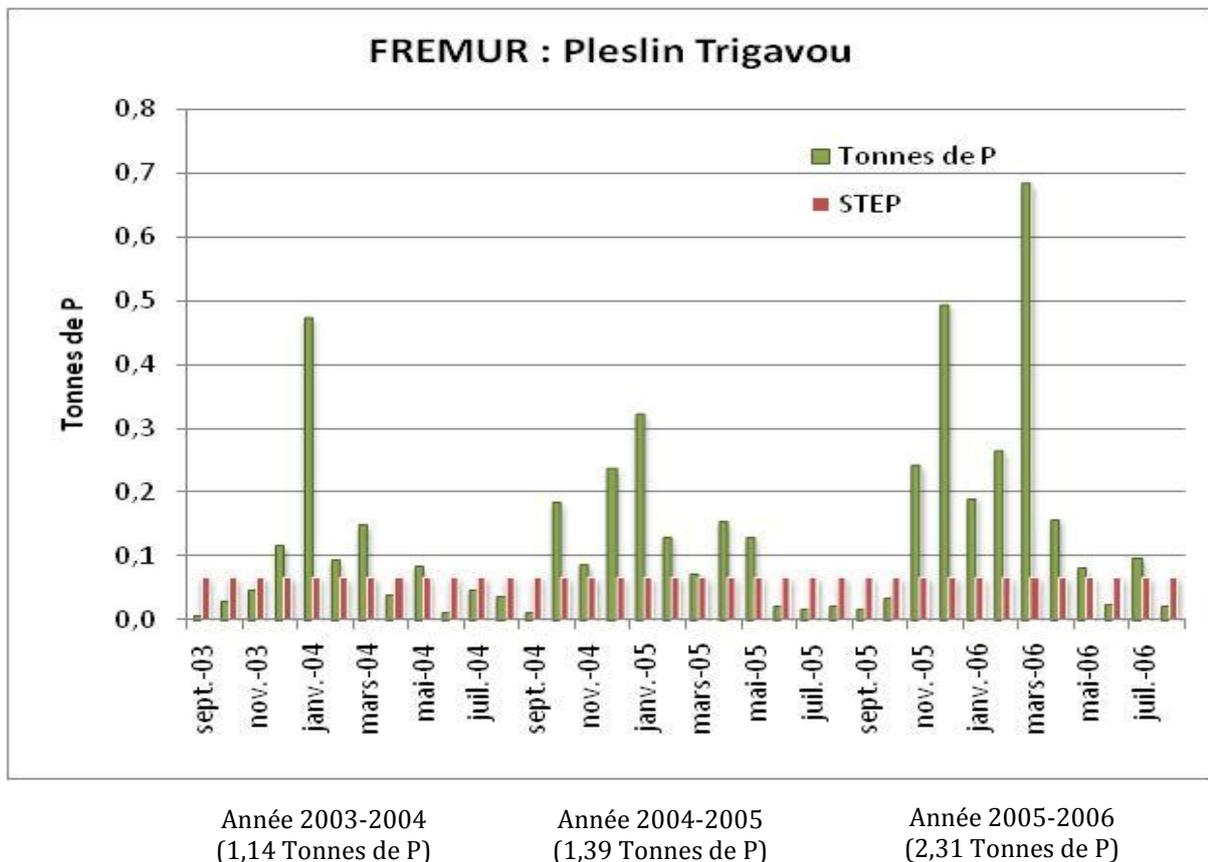


Figure 24 : Comparaison des flux mensuels de phosphore exportés par le Frémur à Pleslin Trigavou avec les flux totaux rejetés par les stations communales.

Il serait donc important d'évaluer l'évolution de ces apports ponctuels en amont des secteurs lenticques en eau douce et dans l'estuaire en fonction des marées (artificiellement contrôlées). Dans ce milieu particulier, l'étude des panaches des rejets des stations d'épuration permettrait de définir s'il existe ou non des zones de concentration des eaux douces riches en nutriments, propices aux développements de micro algues.

De même à ce stade de la réflexion, il faut souligner que les flux de la station d'épuration de Saint Malo qui sont véhiculés par le Routhouan débouchent à l'aval immédiat de l'usine marée motrice. Le flux annuel de cette station est supérieur à 7 tonnes de P. Il serait nécessaire de connaître également l'évolution du panache du Routhouan en fonction du fonctionnement de l'usine de la Rance.

Le phosphore n'apparaît pas comme le facteur limitant ou déclenchant les développements des marées vertes en milieu salé mais les flux rejetés par les stations d'épuration côtières sont sensiblement de 22 tonnes de P et N (sous forme ammoniacale principalement).

Un travail plus fin, intégrant la modélisation des panaches de ces rejets dans la Baie de Lancieux pourra préciser l'impact relatif des stations de Saint Jacut, de Ploubalay ou encore de Saint Briac, non pris en compte dans les modélisations de 2000.

54 - Quelles valeurs de flux de référence ?

Il est possible de calculer des flux de nitrates sur au moins une décennie pour 4 stations seulement, et nous pouvons nous appuyer sur ces chronologies et sur le travail d'AgroCampus pour valider le fait qu'il est suffisant de travailler sur la période 2001-2006 pour définir les flux d'azote nitrique et de phosphore représentatifs de la situation moyenne de la dernière décennie.

Depuis 2001 les années sont sèches à moyennement sèches hydrologiquement parlant. Il n'y a pas eu d'année humide. Les flux ne sont donc pas maximum mais cette période de 5 années (6 possibles sur la moitié des stations retenues) donnent un domaine de variation représentatif et comparable avec d'autres sites de référence.

Les variations sont fonction de l'hydrologie et il est important de pondérer cette vision, non pas par le coefficient d'hydraulicité mais en calculant la concentration moyenne annuelle (concentration réelle), résultat de la division du flux annuel par le cumul du débit sur ce cycle annuel.

Les figures 7, 8 et 11 résument la situation pour la station de la Rance à Saint Jouan de l'Isle et du Frémur, en intégrant l'évolution des flux spécifiques et de la concentration moyenne annuelle. La pondération des flux par le débit permet de voir qu'elle est l'évolution de ces paramètres dans les eaux de surface.

Il est alors possible de définir des objectifs raisonnables à court et moyen terme sous différents conditions hydrologiques.

55 - Vers quels objectifs

551 Nitrates

Nous avons vu que les variations des flux sont plus corrélées à l'hydrologie qu'à celles des concentrations en nitrates (fig.25). Entre les situations extrêmes le rapport est ici de 10. Il est encore de 2 entre une année moyenne sèche (contexte actuel) et une année humide. Sur cette station de la Rance à Saint Jouan le flux moyen spécifique est de 13 kg N/ha. Positionner un curseur à 10 kg N/ha serait envisageable dans les conditions hydrologiques actuelles (sèches à moyennement sèches). Cependant à la moindre apparition d'une nouvelle année humide ce flux atteindra 20 kg N/ha et plus. Un déclassement serait donc constaté à la moindre reprise des débits.

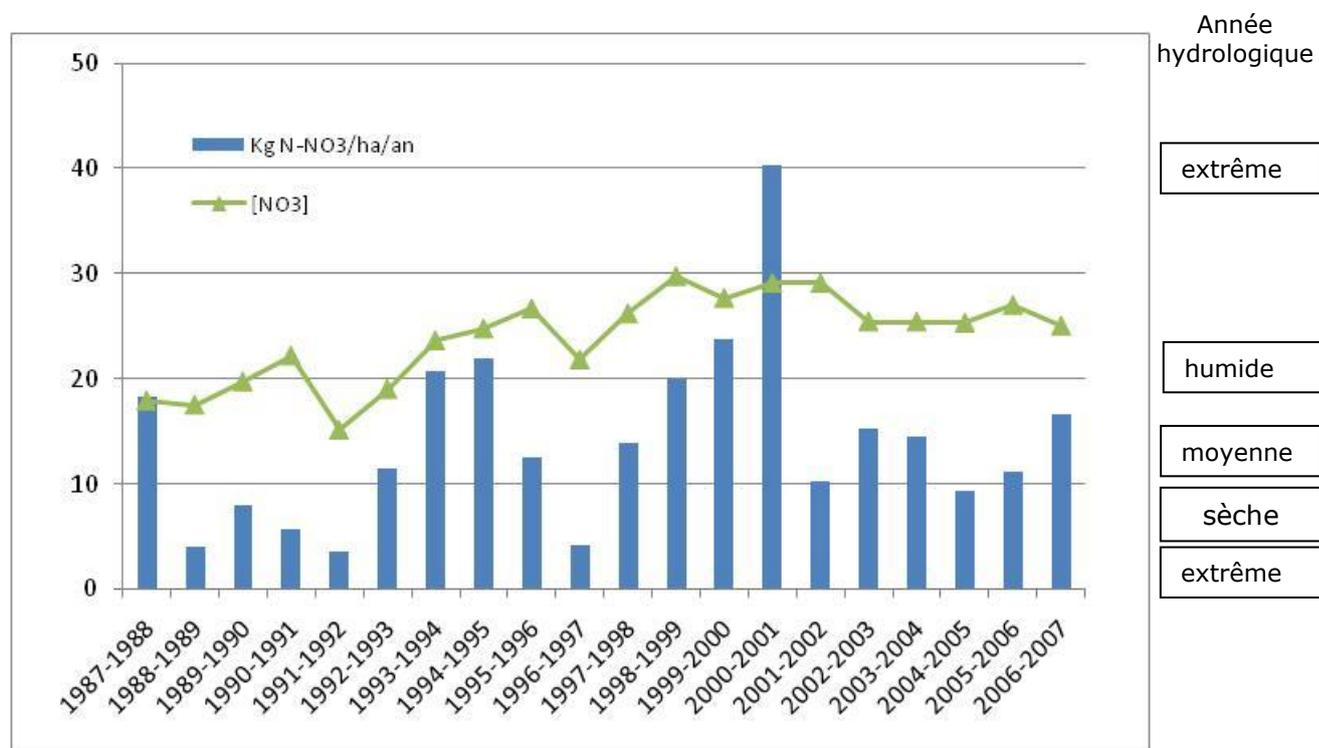


Figure 25 : Evolution comparée des flux spécifiques de nitrates (1987-2007) et des concentrations moyennes réelles (Rance à Saint Jouan de l'Isle : BV de 153 km²) (rappel fig.9)

Nous avons donc pris un autre axe de réflexion en regardant ce qu'apporterait la mise en conformité des cours d'eau vis-à-vis de l'objectif qualitatif du SAGE à 25mg/l pour le 90 percentile des analyses réalisées.

Cette situation est d'ores et déjà atteinte sur certains cours d'eau (ex : Frémur).

Entre 2001 et 2007, nous avons modifié les cours de concentration en nitrates pour atteindre l'objectif fixé pour 90 percentile du panel de données. La concentration moyenne réelle diminuerait également (fig.26), ce qui aurait eu une répercussion sur le flux transporté par la Rance, avec une diminution de 16 à 20%. Le flux moyen sur cette période serait alors de 10,5 kg N/ha (contre 13 en réalité).

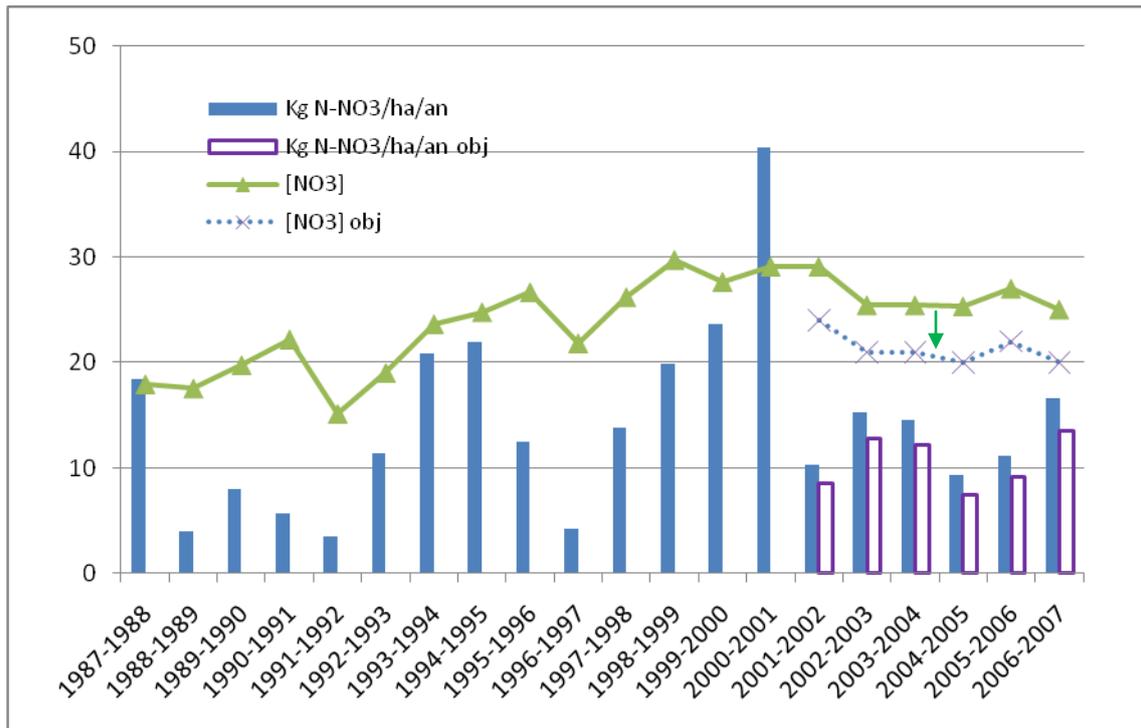


Figure 27 : Simulation d'une baisse de concentrations sur les 6 années étudiées. Evolution comparée des flux spécifiques de nitrates (1987-2007) et des concentrations moyennes réelles (Rance à Saint Jouan de l'Isle : BV de 153 km²).

A partir de cette connaissance de l'évolution des concentrations et des flux sur les différentes stations Flux, il est possible de faire rapidement la relation entre ces deux paramètres et de valider l'objectif qualitatif, plutôt que de s'imposer des contraintes en fixant les quantités précises de nitrates à ne plus exporter par les cours d'eau sans pour autant ne disposer d'aucun moyen de contrôler les variations hydrologiques.

Par contre en terme d'objectif, ces 25 mg/l peuvent être traduits en flux minimum, moyen et maximum selon les conditions hydrologiques décrites ci-dessus.

552 Phosphore

Sur les grands bassins versant, le poids relatif des stations d'épuration sur un flux annuel de phosphore est faible (fig.22), mais en période d'étiage ces milliers d'équivalent-habitants peuvent fournir des ortho-phosphates biodisponibles sur des milieux aquatiques propices au développement algair (retenue, mouille, canal...) d'eaux douces (fig.23 et 24).

Si aujourd'hui les stations à boues activités du territoire épurent de mieux en mieux le phosphore, il reste une marge de manœuvre significative pour réduire encore le flux rejeté directement au cours d'eau.

La figure suivante présente la chute de ces rejets de phosphore par secteur en prenant comme hypothèse un traitement de haute qualité du phosphore, possible avec les outils d'épuration en place, à savoir :

- Rejet à 1 mg P/l en sortie de station de type boues activées
- Rejet à 3 mg P/l en sortie de lagune et jardin filtrant pour les plus petites communes

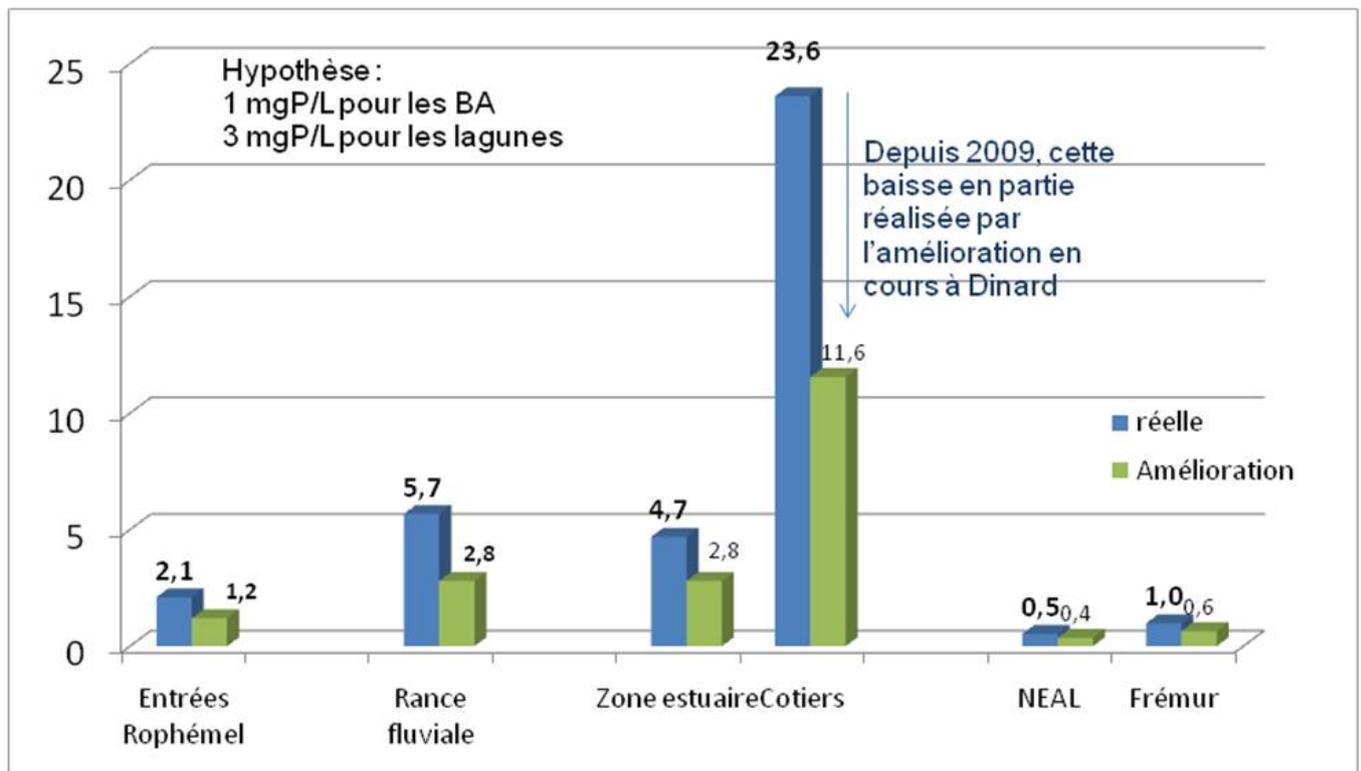


Figure 28 : Simulation d'une baisse de concentrations en Ptotal des rejets de stations d'épuration

Globalement, une réduction de 50 % du flux serait possible. L'exemple de la station de Dinard confirmera (ou non) cette simulation car la déphosphatation a été mise en place courant 2009 sur ce rejet en mer. Les données de 2010.

Ces efforts importants mis en place sur la rance fluviale réduiraient le flux de 5,7 à 2,8 Tonnes/an, au niveau de Léhon par exemple.

Quel serait alors l'impact de cette amélioration dans le bilan globale à ce niveau du bassin versant, sachant que l'érosion et le transport des MES est la principale source de Phosphore dans les eaux superficielles sur ce territoire ?

A partir de nos méthodes de calculs de flux de Ptotal, nous avons pu simuler des flux transportés par la Rance, pour les deux années moyennes sèches 2003-2004 et sèche 2004-2005, suite à une hypothétique diminution du risque de l'érosion sur les versants. Le 90 percentile ne dépasserait plus 0,2 mg P/l.

La chute serait donc importante avec une réduction de 36 à 24 Tonnes sur 2003-2004 et de 16,2 à 12 Tonnes pour l'année sèche 2004-2005.

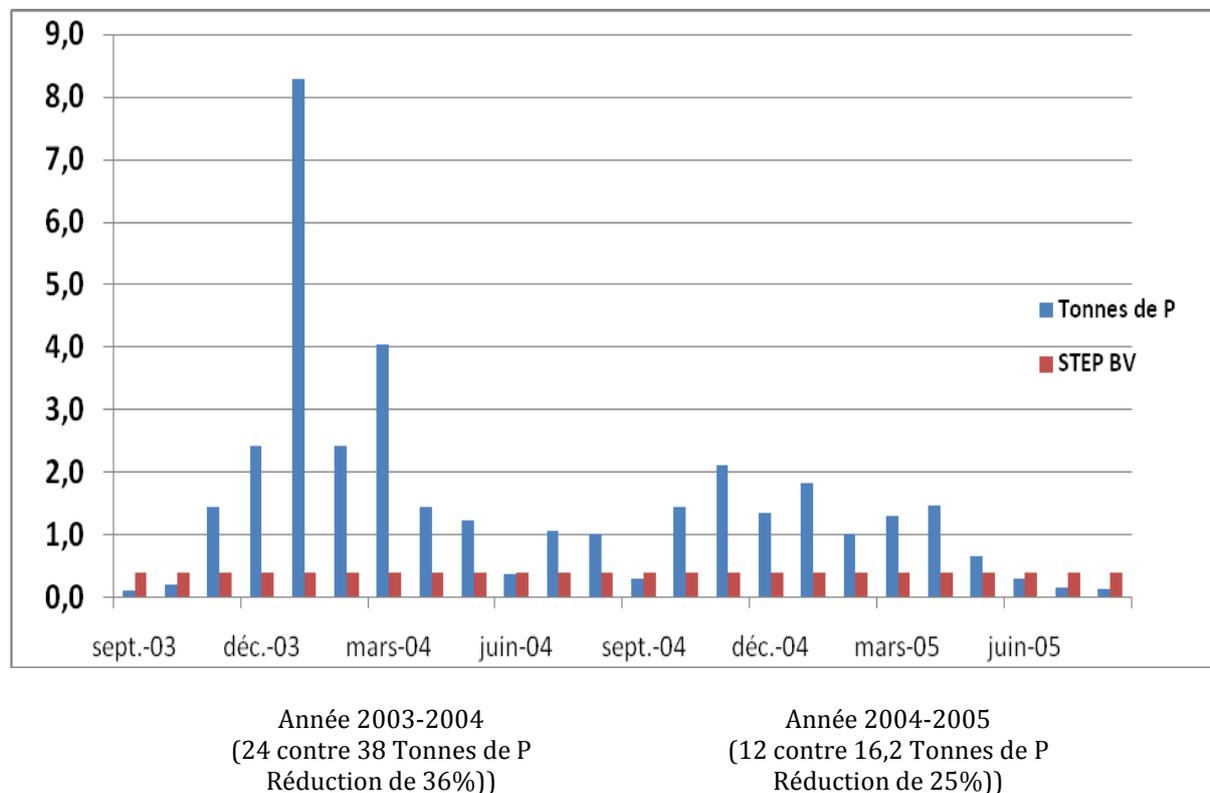


Figure 29 : Simulation d'une baisse de concentrations en Ptotal liée à une réduction des risques d'érosion sur les sous bassins de la Rance fluviale (Station de Léhon).

La diminution serait encore plus importante sous contexte humide car les variations des flux de Ptotal liés à l'érosion sont exponentielles lors des plus fortes pluies couplées aux périodes de crues.

Le pic de Janvier 2004 atteint 14,6 tonnes (contre 16,2 tonnes pour l'année 2004-2005). En simulant une réduction de l'érosion à un niveau proche de l'objectif qualitatif à 0,2 mgP/l, ce flux de janvier 2004 chuterait à 8,3 Tonnes !

A ce niveau du bassin (883 km²), il est donc possible de comparer le poids relatif des deux réductions de l'impact des stations d'épuration communale, et des risques d'érosion des terres de ces bassins ruraux.

Le bilan quantitatif est sans équivoque. En travaillant à un niveau d'épuration supérieur (fig.28) la diminution est de près de 3 Tonnes au niveau de Léhon alors qu'un travail cohérent à l'échelle de ce grand bassin versant pour éviter la perte des sols serait de 14 tonnes sur une année moyennement sèche.

Mais, qualitativement, nous avons également montré que l'impact des rejets des stations d'épuration (lagunages compris) pouvait devenir non négligeable car sur l'ensemble du réseau hydrographique existant de nombreux systèmes d'eaux ralenties (systèmes lenticques), véritables zones d'incubation et de développement de micro algues.

La lutte contre l'érosion, systématique sur l'ensemble des versants, permettra de réduire significativement les flux de MES et donc de phosphore particulaire, qui, dans le contexte de ces bassins est la forme majoritaire du phosphore mesuré dans les cours d'eau. C'est également un préalable pour travailler sur les stocks de phosphore présents aux fonds des cours d'eau, du canal, des étangs et autres réservoirs de barrage, dans les accumulations de sédiments fins (assimilés aux vases).

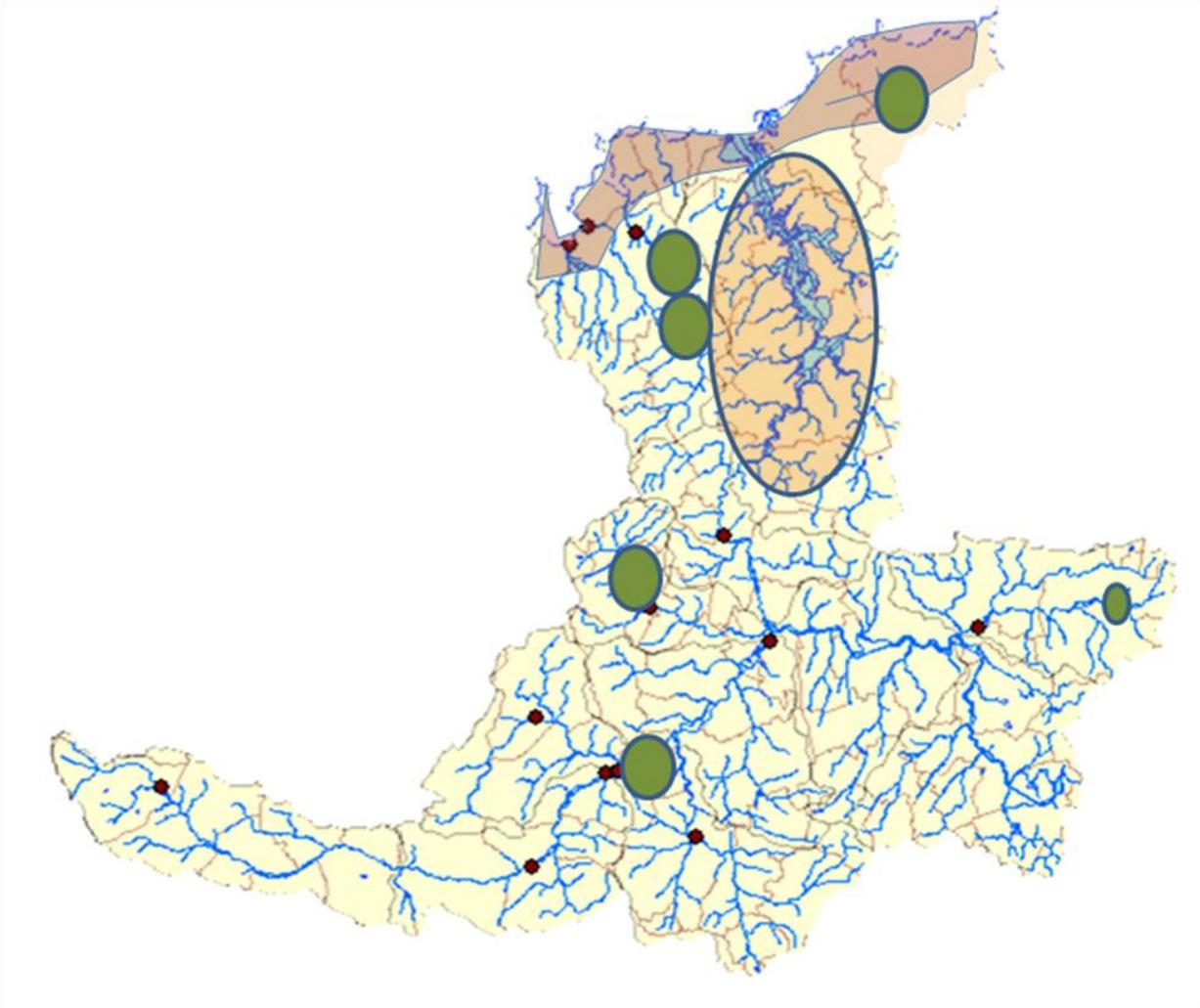


Figure 30 : Localisation des principaux hydrosystèmes susceptibles de développer des développements d'algues (Eau douce en vert , Eaux saumâtres de l'estuaire, Eaux salées sur la côte)

Remarque finale : Dans l'estuaire et sur la côte, plus que les rejets de phosphore, ce sont les rejets riches en azote ammoniacal qui doivent être mieux identifiés pour connaître leur dispersion dans ces masses d'eau (évolution du panache en fonction des marées), dans la recherche de solutions pour lutter contre *Alexandrium* d'une part et les marées vertes d'autre part.

ANNEXES

I - Trois Fiches DREAL des trois stations hydrométriques

II - Courbes des débits journaliers des 3 stations hydrométriques

III - Stations de calcul de flux retenues

IV - Tableau récapitulatif des flux spécifiques d'azote nitrique de phosphore total par sous bassin

V - Fiches flux de Nitrates

VI - Fiches flux de Phosphore total

VII - Fiches récapitulatives du contexte nitrates par station.