



La dynamique de la vie

L'eau support de vie

Les nutriments

Les nutriments

Résumé

L'azote et le phosphore sont des substances nutritives pour les végétaux. Les deux origines principales en sont la fertilisation minérale et organique des cultures, et les rejets des stations d'épuration urbaines. Depuis 1991, deux directives européennes visent à diminuer ces apports aux milieux aquatiques car, en excès, azote et phosphore provoquent l'eutrophisation des cours d'eau.

Les concentrations en azote sous forme nitrates augmentent avec le débit fluvial, sans dépasser à Sainte-Luce-sur-Loire la valeur objectif du SDAGE de 25 mg/l. La répartition longitudinale est de type conservatif, les apports latéraux étant rapidement dilués par la Loire et/ou consommés par le phytoplancton. Cependant, la Maine, avec des teneurs toujours supérieures à celles de la Loire, apparaît comme une source non négligeable de nitrates d'origines urbaine et agricole.

L'évolution du phosphore est liée à celle des matières en suspension. Alors qu'à Sainte-Luce-sur-Loire de nombreuses teneurs dépassent la valeur objectif du SDAGE de 0,20 mg/l, elles augmentent fortement et systématiquement dans l'estuaire, notamment à Paimbœuf. Les apports des stations d'épuration d'Ancenis et de Nantes sont perceptibles tandis que les apports des affluents restent modestes malgré la supériorité des concentrations.

Sur le long terme, les apports annuels à l'estuaire de la Loire, à hydraulicité constante, augmentent pour les nitrates, comme en Seine, mais diminuent légèrement pour le phosphore, comme en Gironde.



Objectif définition

Les nutriments ou substances nutritives sont utilisés par les végétaux pour assurer leur croissance. Parmi les cinq éléments principaux qui composent la matière vivante - carbone, hydrogène, oxygène, azote et phosphore - les trois premiers sont habituellement abondants. **La croissance végétale est donc liée aux quantités d'azote et de phosphore.**

Pour croître, les végétaux ont plus besoin d'azote que de phosphore, 7 fois plus dans le cas des algues. Les eaux douces naturelles non polluées contenant de 20 à 40 fois plus d'azote que de phosphore, ce dernier apparaît comme le facteur limitant le développement végétal, tandis que l'azote en est le facteur stimulant.

En zone côtière soumise aux apports continentaux, ce rôle du phosphore - disputé par la silice - sur l'azote est conservé, mais diminue vers le large où l'azote devient le facteur limitant.

Un excès d'azote et de phosphore, conjugué à des facteurs physiques (ensoleillement, confinement, température...) mène à l'**eutrophisation** ; la production végétale s'emballe, provoquant divers dommages :

- baisse de l'oxygène dissous pendant la nuit jusqu'à parfois l'asphyxie des êtres vivants,
- apparition de composés indésirables comme l'ammoniac gazeux (NH_3) très toxique pour les poissons ou les phycotoxines produites par certaines espèces d'algues,
- pollution organique différée vers l'aval.

Par ailleurs, l'eutrophisation rend plus difficile et coûteuse la production d'eau potable et nuit aux activités de loisirs.

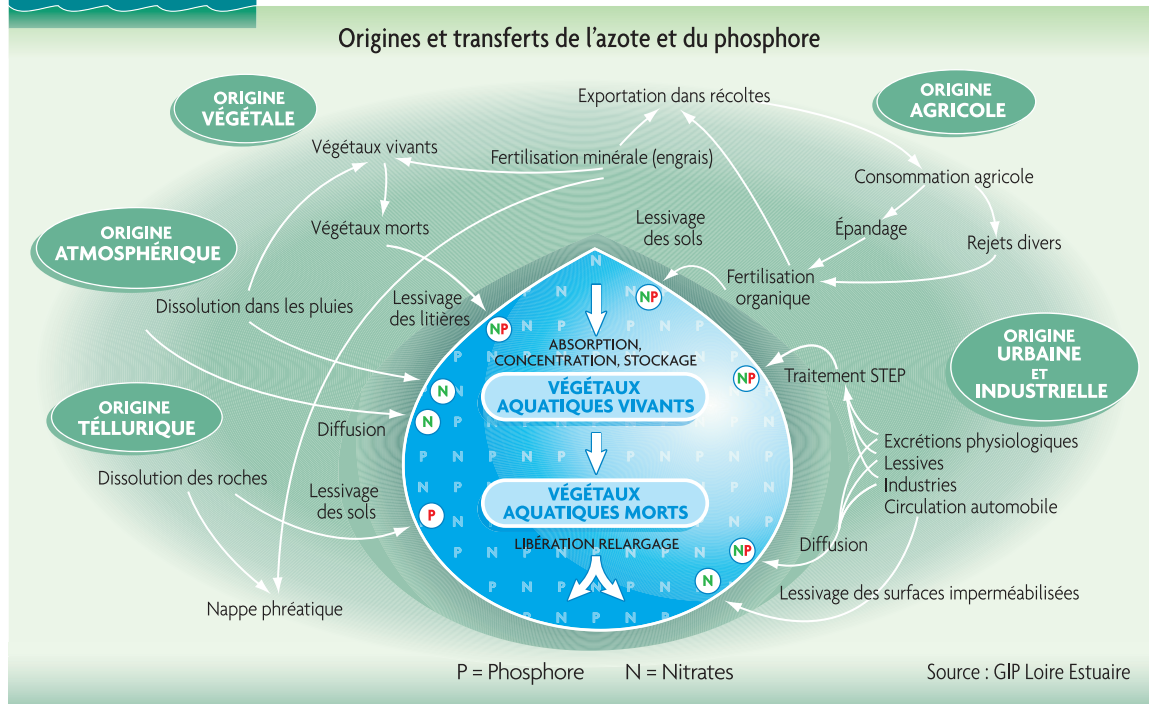
Les nitrates (NO_3) sont le terme ultime d'oxydation des composés azotés - ammonium (NH_4), ammoniac (NH_3) et nitrites (NO_2) - qu'ils représentent de manière significative. Le phosphore total est la somme du phosphore de toutes les formes chimiques présentes dont les orthophosphates (PO_4) et les polyphosphates (P_2O_5).

Les objectifs du SDAGE fixés en 1996 à atteindre à Sainte-Luce-sur-Loire en 2006 sont : teneur maximale en nitrates (NO_3) de 25 mg/l et en phosphore total (P. total) de 0,20 mg/l. Aucune limite n'est assignée pour Cordemais, autre point nodal du SDAGE. **L'objectif de l'indicateur est de suivre l'évolution, en Loire et dans son estuaire, des matières azotées par le biais des concentrations en nitrates, et des matières phosphorées par le biais des concentrations en phosphore total ; ainsi peut être apprécié un des aspects de la réaction du fleuve à la gestion du territoire.**

Azote et phosphore ont quatre origines : naturelle, industrielle, agricole et domestique, et se trouvent transférés aux milieux aquatiques soit par voie diffuse due au lessivage des sols naturels ou artificialisés, soit par voie concentrée au débouché des stations d'épuration.

D'après la norme officielle de calibration des stations d'épuration (STEP), un équivalent-habitant (EH) correspond à une production journalière de 12 g d'azote et de 2,5 g de phosphore.

FIGURE L2 A2a-1



L'indicateur comprend :

- l'évolution des teneurs en nitrates et phosphore total à Sainte-Luce sur les court (1996-2004) et moyen (1984-2004) termes,
- la répartition longitudinale de ces teneurs de la Maine à la mer, pour les 4 dernières années (séries de données complètes),
- l'estimation des flux annuels apportés par la Loire, la Garonne et la Seine à leur estuaire (1988-2002).

Les résultats exposés tentent de refléter la situation actuelle pour autant que la localisation des points de prélèvement en donne une image exacte. Or, les données de certains points placés en aval d'affluents ou de stations d'épuration (La Possonnière, Saint-Géréon...) ne sauraient être appliquées à l'ensemble de la section d'écoulement.

La lutte contre l'eutrophisation

L'eutrophisation des cours d'eau et de la mer côtière, dont le coût a été estimé, hors pertes écologiques, au niveau national à 330 M€ en 1988 (pas d'actualisation récente), est un processus par lequel l'excès de nutriments provoque le développement massif des algues. Sa principale conséquence est l'épuisement du milieu en oxygène, parfois jusqu'à l'anoxie totale, dû à la dégradation de la matière organique surabondante.

Deux directives européennes visent à réduire les apports d'azote et de phosphore dans les milieux aquatiques :

- la Directive "Nitrates" de décembre 1991 enjoint de désigner les "zones vulnérables" à l'eutrophisation pour lesquelles des programmes d'actions devront être mis en œuvre. Toutes les communes des bassins versants des affluents de la Loire en aval du Bec de Maine sont concernées. Le Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole (PMPOA), lancé en 1994 et réformé en 2002, a pour objectif de limiter l'impact des effluents d'élevage et de favoriser de meilleures pratiques de fertilisation.

- la Directive "Eaux Résiduaires Urbaines" de mai 1991 a pour objet l'amélioration de la collecte et du traitement des eaux usées, suivant que la collectivité se trouve ou non en zone "sensible à l'eutrophisation". Aujourd'hui, parmi les STEP de plus de 15 000 EH qui rejettent en Loire ou dans un affluent, toutes sont conformes pour leurs équipements, sauf toutefois la station d'Ancenis présentant un défaut du réseau de collecte. Cependant, les performances de traitement, actuellement satisfaisantes, devront être renforcées suite à l'inscription du bassin de la Loire en zone sensible prévue au début 2006, notamment pour les matières phosphorées.

A l'horizon 2012, les rejets et le fonctionnement des STEP devront répondre aux prescriptions suivantes :

	Concentration dans les rejets	Réduction minimale de la charge entrante
Phosphore total	2 mg/l si 10 000<EH<100 000 1 mg/l si EH>100 000	80 %
Azote total	15 mg/l si 10 000<EH<100 000 10 mg/l si EH>100 000	70-80 %

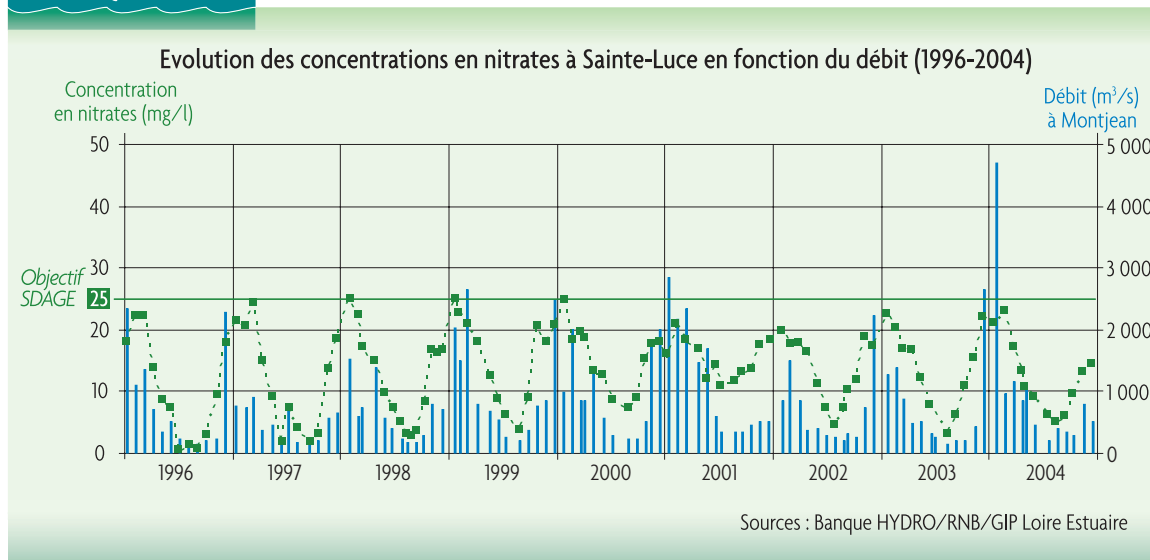
Deux comportements différents

A Sainte-Luce-sur-Loire, station de mesure du point nodal du SDAGE, nitrates et phosphore total ont des comportements différents.

Les nitrates, solubles dans l'eau, évoluent en fonction du débit du fleuve donc de la pluviosité et du lessivage des sols. La saisonnalité est marquée : les plus fortes concentrations se trou-

vent en hiver, les plus faibles en été. **Toute croissance du débit se traduit généralement par une augmentation de la concentration. Cependant cette relation est limitée puisque les maxima, de 20 à 25 mg/l, ne correspondent pas aux pics de crue, le lessivage ayant déjà entraîné la majeure partie des nitrates disponibles.**

GRAPHIQUE L2 A2a-1

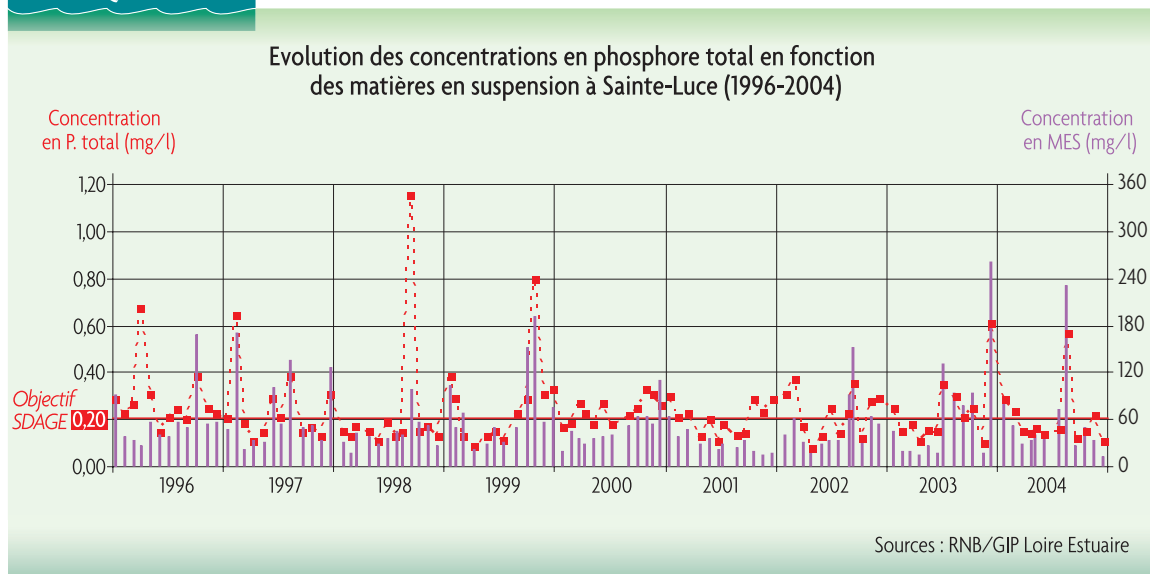


Depuis 1996, les concentrations minimales et maximales en nitrates restent du même ordre de grandeur sauf durant l'année 2001 caractérisée par un hiver très pluvieux (6 crues de plus de 2 500 m³/s).

Le phosphore, dont la majeure partie se fixe facilement sur les minéraux, est lié au débit

pour autant que celui-ci résulte de précipitations assez violentes pour éroder les sols. La saisonnalité est moins marquée, de fortes concentrations pouvant avoir lieu l'été lors d'orages. **Toute croissance de la charge en matières en suspension induit généralement une augmentation de la concentration en P. total.**

GRAPHIQUE L2 A2a-2

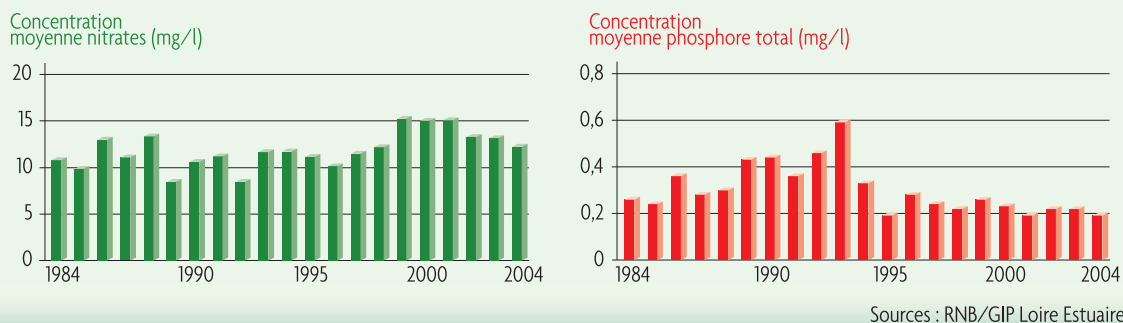


Les teneurs, comprises entre 0,10 et 0,30 mg/l, apparaissent comme un bruit de fond constant d'où émergent des pics supérieurs à 0,50 mg/l. Le phosphore total est légèrement décroissant

alors que les matières en suspension ont augmenté. Les pics annuels habituels jusqu'en 1999, sont très atténués de 2000 à la fin 2003, et réapparaissent en 2004.

GRAPHIQUE L2 A2a-3

Evolution des nitrates et du phosphore total à Sainte-Luce, de 1984 à 2004



Il s'agit-là de tendances lourdes dans le droit fil de celles enregistrées depuis vingt ans. **La satisfaction des objectifs du SDAGE n'est pas définitivement acquise pour les nitrates. Quant au phosphore total, de nombreuses**

teneurs dépassent encore tous les ans la valeur limite.

Le comportement différent des nitrates et du phosphore se retrouve dans la répartition longitudinale des concentrations moyennes annuelles.

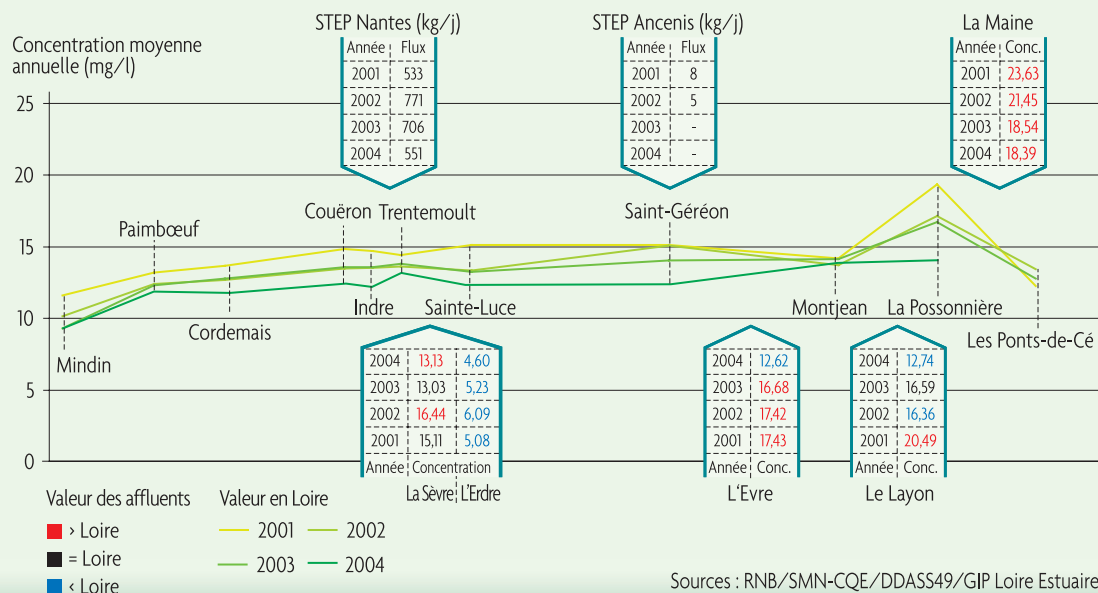
La Maine : un réservoir à nitrates

Ces concentrations en nitrates, décroissantes de l'amont vers l'aval, correspondent à celles des substances "conservatives", c'est-à-dire qui ne subissent que la dilution. Elles sont 2 fois moindres à Mindin qu'à La Possonnière.

Cependant, ce schéma général accuse des variations dues aux apports latéraux qui augmentent localement les concentrations et à la consommation par le phytoplancton qui les diminue sur de plus grandes distances.

GRAPHIQUE L2 A2a-4

Evolution longitudinale des nitrates de 2001 à 2004, apports des affluents et des stations



Les concentrations les plus élevées ont lieu en 2001, année d'hydraulicité forte (1,38).

Les apports de chaque affluent, à l'exception de la Maine, ne sont pas de nature à modifier les concentrations en Loire. Bien que les concentrations y soient parfois supérieures à celles du fleuve, la faiblesse de leur débit rend leur contribution bien modeste. Par contre, les concentrations mesurées à La Possonnière sont sous l'influence des apports de la Maine dont

les concentrations dépendent des excédents agricoles et des rejets de la station d'épuration de la Baumette en aval d'Angers.

A noter les très faibles concentrations en nitrates de l'Erdre à son débouché en Loire, illustration probable du pouvoir épurateur des vastes zones humides situées en amont.

Comme les apports des affluents, les rejets des stations d'épuration en Loire n'ont qu'un impact direct limité car leur débit reste très

faible par rapport au débit du fleuve. A Ancenis, le débit de la STEP, de l'ordre de 4 000 m³/jour, ne représente que 0,2 % du débit journalier d'étiage (250 m³/s) de la Loire. En aval de l'agglomération nantaise, les 550-700 kg/jour d'apports cumulés des STEP sont dissous par les dizaines de Mm³ d'eau qui oscillent avec la marée deux fois par jour. Aussi ces rejets ne provoquent-ils qu'un

léger relèvement des concentrations à Haute-Indre et Couëron.

Ces apports, quelle qu'en soit l'origine, ont par contre un impact indirect important en favorisant la production de phytoplancton dont toute augmentation, du fait de sa consommation, correspond à une baisse des concentrations en nitrates.

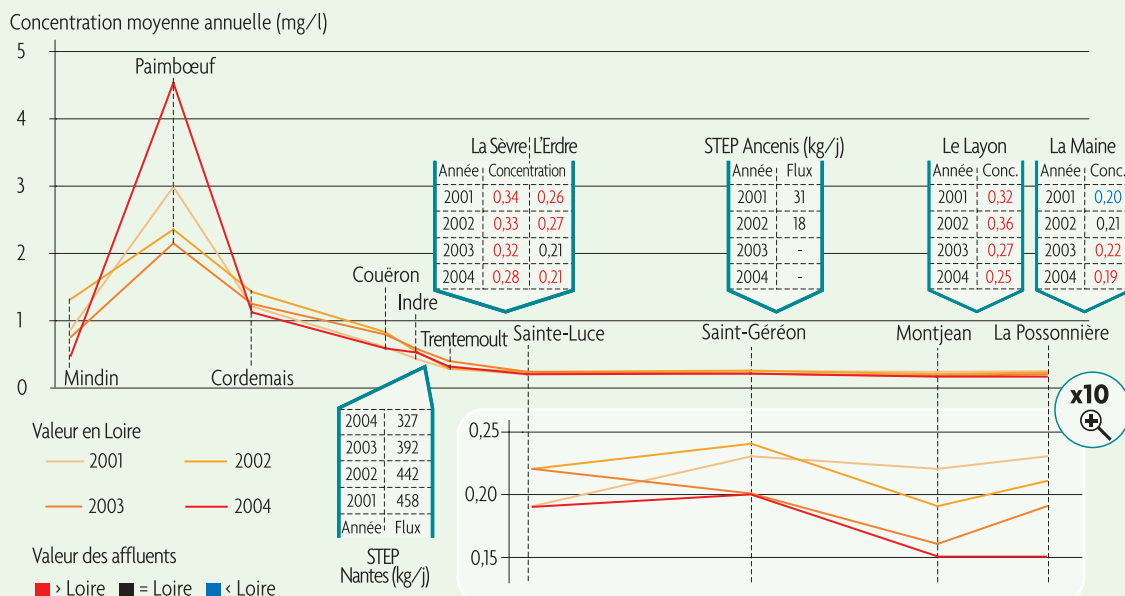
L'estuaire : un piège à phosphore

Contrairement à celle des nitrates, l'évolution longitudinale du phosphore total, en grande partie lié aux matières en suspension, n'est pas du type "conservatif". Les teneurs à Mindin sont nettement supérieures à celles de La Possonnière.

En amont de l'agglomération nantaise, les concentrations moyennes annuelles en phosphore total varient de 0,15 à 0,25 mg/l, tandis que les MES varient de 0,20 à 0,35 mg/l ; les minima tant en P. total qu'en MES sont atteints en 2004.

GRAPHIQUE L2 A2a-5

Evolution longitudinale du phosphore total de 2001 à 2004, apports des affluents et des stations



Sources : RNB/SMN-CQE/GIP Loire Estuaire

Les concentrations dans les affluents sont toujours supérieures à celles mesurées en Loire, mais comme pour les nitrates, leur contribution reste faible. Les concentrations plus importantes à La

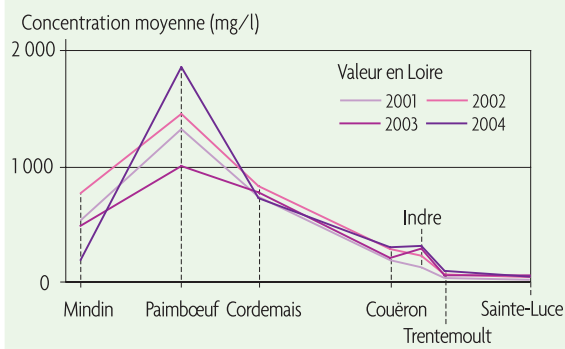
Possonnière qu'à Montjean laissent présumer, là encore, que les apports de la Maine participent à l'augmentation de la charge en phosphore de la Loire. En l'absence de mesure aux Ponts-de-Cé, il est difficile d'en donner une appréciation précise. Il apparaît que la consommation par le phytoplancton joue un rôle essentiel dans ce secteur de Loire.

Les rejets de la STEP d'Ancenis (13 kg/jour de P total) sont nettement perceptibles à Saint-Géréon où les apports s'accompagnent d'une augmentation du phytoplancton alors que les MES restent constantes.

A l'aval de l'agglomération nantaise, les concentrations en phosphore total augmentent de manière continue : l'adsorption sur les particules en suspension l'emporte nettement sur la dilution malgré le plus grand volume d'eau. Les concentrations croissent avec les MES pour atteindre leur maximum à Paimboeuf, puis décroissent très rapidement jusqu'à Mindin.

GRAPHIQUE L2 A2a-6

Evolution des MES dans l'estuaire, de 2001 à 2004



Sources : RNB/SMN-CQE/GIP Loire Estuaire

Les apports des STEP de l'agglomération nantaise se trouvent piégés dans l'estuaire par la remise en suspension des sédiments lors des marées de vives eaux. La corrélation P. total - MES est d'autant plus marquée que les MES sont élevées comme à Paimbœuf où la concentration maximale (9,3 mg/l) est mesurée lors du maximum de MES (4974 mg/l) en janvier 2000.

Alors que la production de phytoplancton est généralement en baisse à l'aval de Nantes, le pic de phosphore à Paimbœuf s'accompagne d'une explosion phytoplanctonique localisée.

Le phénomène d'accumulation au niveau de Paimbœuf semble permanent. Déjà constaté en 1983, son origine demeure encore à l'état d'hypothèse.

Les apports à l'océan

La Convention OSPAR de septembre 1992, entrée en vigueur en mars 1998, a pour objet la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est. Elle oblige les Etats signataires, entre autres, à prendre toute mesure visant la prévention et la suppression de la pollution provenant de sources telluriques.

Dans ce cadre, l'Institut Français de l'Environnement a tenté d'approcher les flux annuels apportés par les fleuves aux estuaires pour deux nutriments : l'azote des nitrates (N-NO_3) et le phosphore total.

La méthode consiste à établir les flux journaliers dont la somme

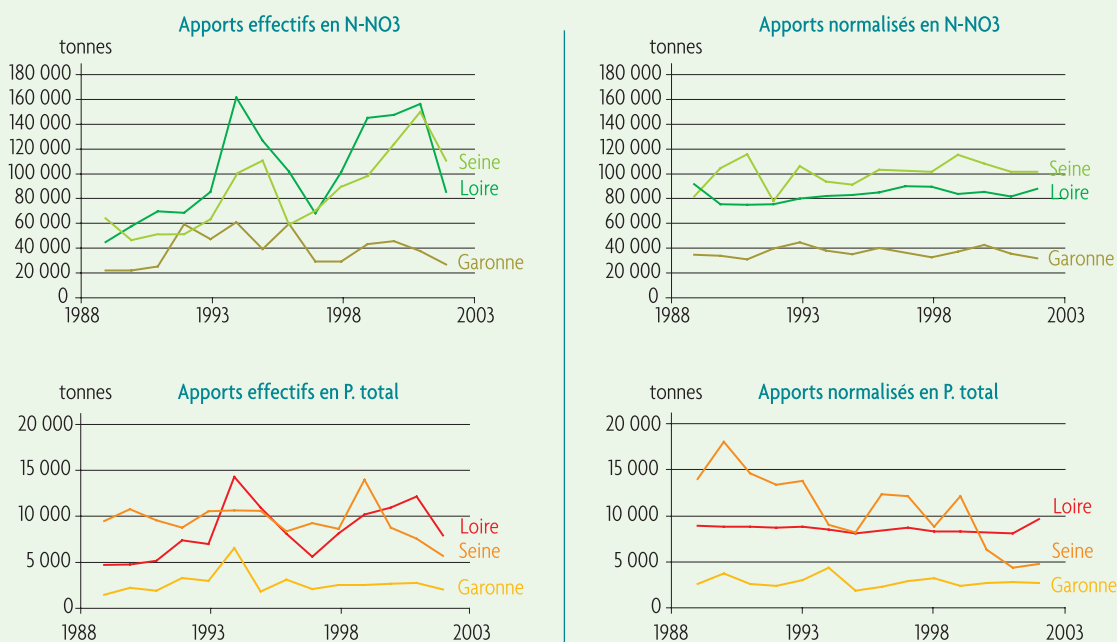
donne les flux annuels. En Loire, les flux journaliers sont calculés à partir du débit mesuré en continu à Montjean et des concentrations mesurées une fois par mois à Sainte-Luce.

Les apports effectifs en N-NO_3 varient considérablement d'une année sur l'autre selon l'hydraulicité : maximum de 160 000 tonnes en Loire en 1994 pour un apport liquide record de 48 milliards de m^3 , minimum de 66 000 tonnes en 1997 pour un apport liquide de 18 milliards de m^3 .

Corrigés des variations d'apport liquide, les apports "normalisés" en N-NO_3 augmentent de 90 000 à 110 000 tonnes sur les 15 dernières années.

GRAPHIQUE L2 A2a-7

Apports en nutriments aux trois grands estuaires atlantiques, de 1989 à 2002



Sources : IFEN/GIP Loire Estuaire

L'interprétation des apports en phosphore total est beaucoup plus délicate puisque le mode de calcul ne prend pas en compte les matières en suspension sur lesquelles s'adsorbent les matières phosphorées. Ainsi, maxima (14 000 tonnes en 1994) et minima (5 700 tonnes

en 1997) de P. total correspondent à ceux de l'azote sous forme nitrates.

Nonobstant cette remarque, les apports normalisés en P. total auraient diminué de manière constante depuis 15 ans sauf en 2002.



Sources & Méthodes

Pour la Loire et ses affluents, les concentrations en nitrates, en phosphore total et en matières en suspensions sont mesurées sur les eaux brutes en subsurface à marée descendante et sont issues du réseau patrimonial réseau national de bassin (RNB) géré par l'agence de l'eau Loire Bretagne et du réseau de surveillance géré par la Cellule Qualité des Eaux du Service maritime et de navigation.

Les données sur les rejets des stations d'épuration ont été recueillies auprès des Services d'assistance technique aux exploitants de stations d'épuration

(SATESE) 44 et 49 ; et celles sur la prise alimentaire en eau potable des Ponts-de-Cé auprès de la DDASS 49 (pas de mesure phosphore total).

Les apports annuels de phosphore total et de N-NO₃ ont été calculés par le BETURE-CEREC pour le compte de l'Institut français de l'environnement (IFEN).

La méthode ne présente aucune particularité et consiste uniquement à calculer des moyennes annuelles à partir des concentrations mesurées à des fréquences variables suivant les stations.