L 2
A2a

La dynamique de la vie

L'eau support de vie

Les nutriments

CAHIER INDICATEURS N° 1 • décembre 2013

GIP Loire Estuaire

Les nutriments

Résumé

L'azote et le phosphore sont deux nutriments indispensables à la croissance des végétaux. Ils sont suivis dans l'eau de la Loire, respectivement par les concentrations en nitrates et en phosphore total. Bien qu'ils soient naturellement présents dans le fleuve, leurs teneurs sont accrues essentiellement par les apports d'origine agricole, pour les nitrates, et par les rejets des stations d'épuration, pour le phosphore.

Les quantités de nitrates apportés à l'estuaire sont corrélées au débit du fleuve. Elles varient de 200 000 à 600 000 tonnes par an, sans dégager de tendance d'évolution depuis 1984. La Maine contribue largement aux apports, avec en moyenne 27 % du flux annuel estimé à l'estuaire.

En revanche, en près de 20 ans, la nette diminution de la moyenne annuelle des concentrations en phosphore total est constatée. Le phosphore est fixé sur la masse turbide de l'estuaire ; les teneurs maximales se situent dans le secteur de Paimboeuf. Les flux annuels à l'estuaire sont estimés entre 1400 et 8000 tonnes par an, la Maine en représentant en moyenne 16 %.

Objectif définition

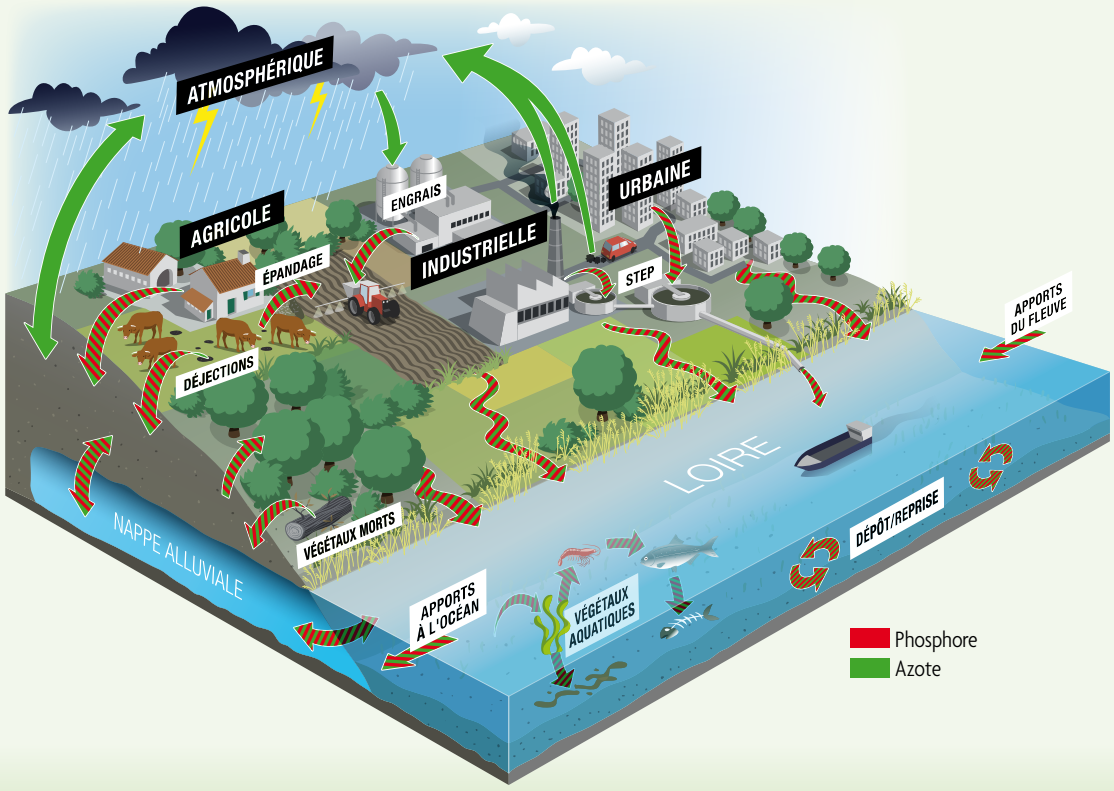
Les nutriments ou substances nutritives sont utilisés par les végétaux pour assurer leur croissance. Parmi ces nutriments, l'azote et le phosphore sont en quantité différente dans l'environnement ; les eaux douces naturelles contenant 20 à 40 fois plus d'azote que de phosphore.

Un excès d'azote et de phosphore conjugué à des facteurs physiques (ensoleillement, stagnation des eaux, température estivale) mène à l'eutrophisation ; la production végétale s'emballe, provoquant dans le fleuve :

- la baisse de l'oxygène dissous, préjudiciable aux organismes aquatiques (consommation pour la dégradation des végétaux morts et pour la respiration des végétaux la nuit) ;
- la formation de composés toxiques, tel l'ammoniac, ou la production de phycotoxines par certaines espèces d'algues.

FIGURE L2 A2a - 1

Schéma des cycles de l'azote et du phosphore



Source : GIP Loire Estuaire

Azote et phosphore ont quatre origines : naturelle, industrielle, agricole et domestique. Ils sont transférés aux milieux aquatiques soit par voie diffuse due au lessivage des sols et au ruissellement - intensifié sur des sols imperméabilisés -, soit ponctuellement au débouché des stations d'épuration. Dans l'eau, **l'azote est essentiellement dissout sous forme de nitrates, soit NO_3^-. Outre les nitrates, les stations d'épuration** (STEP) rejettent des ions ammonium (NH_4^+) qui se transforment en nitrates en consommant de l'oxygène dissous. Cette oxydation est susceptible d'accroître le déficit en oxygène dissous en période d'étiage sévère, particulièrement dans l'estuaire. Quant au phosphore, en Loire, il se présente :

- principalement sous forme particulaire, généralement adsorbé (fixé) sur des particules (matières en suspension) ;
- sous forme dissoute en faible quantité : phosphates absorbables par les végétaux (phosphore biodisponible).

L'objectif de l'indicateur est de suivre l'évolution des apports en nitrates et en phosphore total (dissous et particulaire) de la Maine à la mer, de 1996 à 2012.

L'indicateur se compose de :

- l'évolution des concentrations à Sainte-Luce-sur-Loire de 1984 à 2012. Bien que cette station soit en secteur fluvio-maritime, les mesures réalisées à basse mer sont essentiellement représentatives des apports du fleuve, contrairement aux stations situées plus en aval ;
- la répartition longitudinale de ces teneurs, des Ponts-de-Cé à Saint-Nazaire, de 1996 à 2012, couplée à celles des apports latéraux issus des principaux affluents du fleuve et des stations d'épuration (STEP) des agglomérations d'Ancenis (Saint-Géréon), Nantes (Rezé et Saint-Herblain) et Saint-Nazaire (Montoir-de-Bretagne). Ces quatre STEP rejettent 90 % des effluents déversés en Loire, de la Maine à la mer ;
- l'estimation de leurs flux respectifs à partir des mesures de concentrations, afin de déterminer les apports à l'estuaire.

Il complète ainsi la première fiche éditée en 2002 et l'actualise.

Interprétation

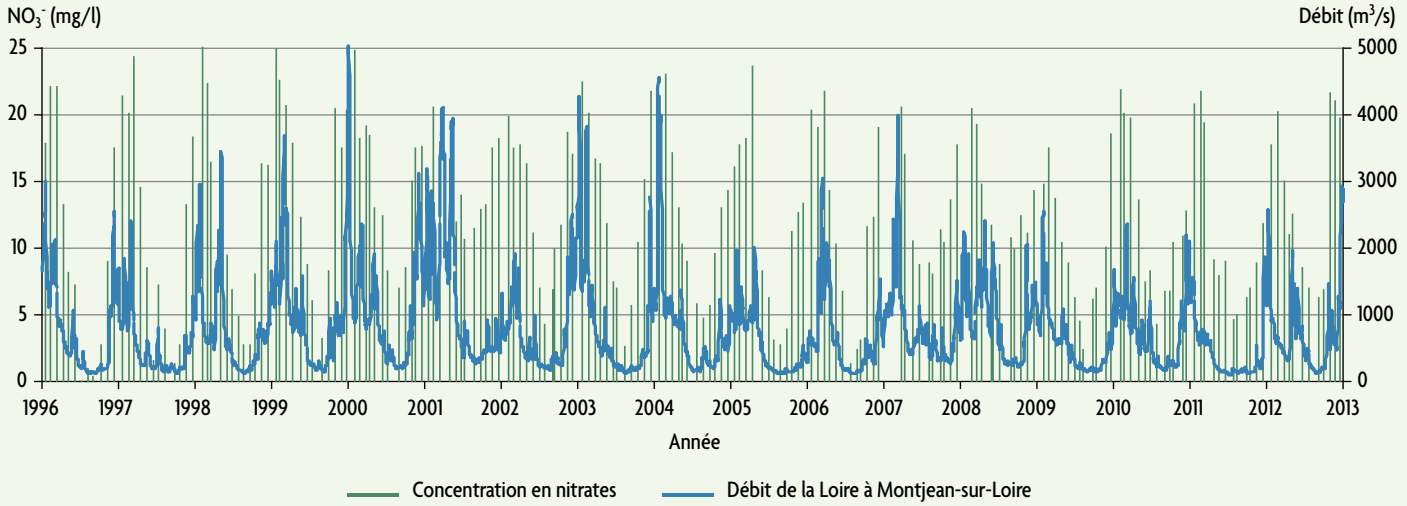
Les nitrates liés au débit, le phosphore total aux matières en suspension

Globalement, la variation des nitrates est corrélée au débit du fleuve. En période de faibles débits - généralement en période estivale - les concentrations en nitrates sont moindres qu'en période de débits soutenus. Les premières élévations de débit, après l'étiage, se traduisent par une augmentation des concentrations en nitrates apportés par les précipitations et le lessivage des sols. Lorsque la majeure partie des nitrates disponibles a été entraînée par ce lessivage, les concentrations en Loire n'augmentent plus.

Les concentrations maximales en nitrates atteignent 25 mg/l et sont mesurées lors des périodes hivernales humides de 1998 à 2000. Depuis 2002, l'hydraulicité est moindre et les concentrations en nitrates sont de fait moins importantes.

GRAPHIQUE L2 A2a - 1

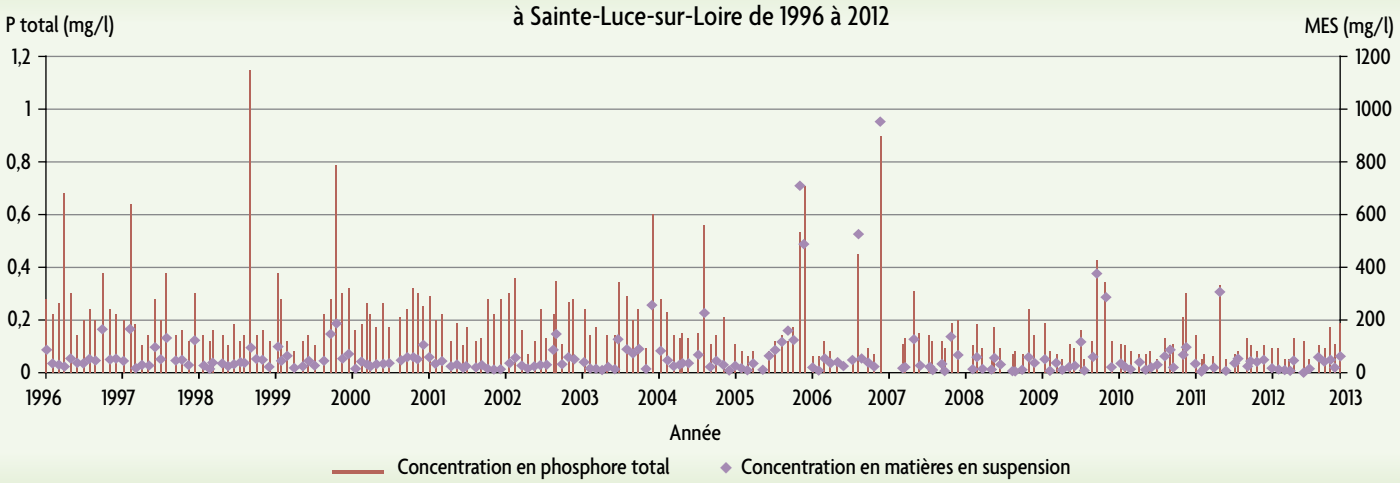
Evolution des concentrations en nitrates à Sainte-Luce-sur-Loire et du débit à Montjean-sur-Loire de 1996 à 2012



Sources : AELB/CG 44/DDTM 44/DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

GRAPHIQUE L2 A2a - 2

Evolution des concentrations en phosphore total et des matières en suspension
à Sainte-Luce-sur-Loire de 1996 à 2012



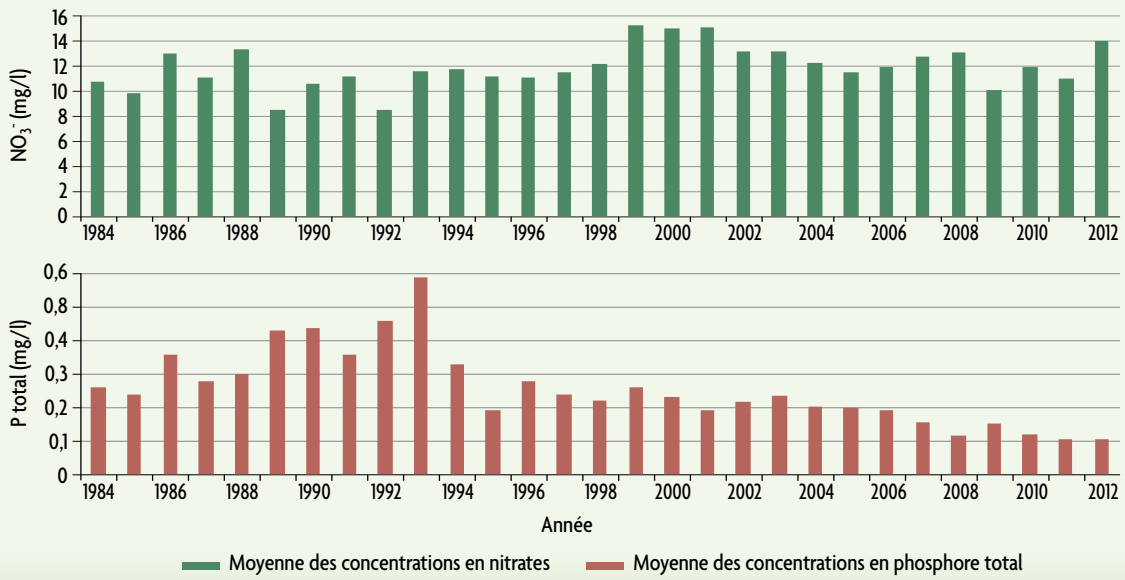
Sources : AELB/CG 44/DDTM 44/GIP Loire Estuaire

Le phosphore est lié à la concentration des matières en suspension. 90 % des mesures sont inférieures à 0,3 mg/l, soit des concentrations bien moindres que celles en nitrates. Les teneurs en phosphore total supérieures à 0,5 mg/l constituent un indice de pollution.

Les concentrations supérieures à 0,4 mg/l sont mesurées le plus souvent lors des remobilisations de sédiments : soit à l'occasion d'une montée de débit, soit en période de basses eaux au moment des vives eaux.

GRAPHIQUE L2 A2a - 3

Evolution de la moyenne annuelle des concentrations en nitrates et en phosphore total
à Sainte-Luce-sur-Loire de 1984 à 2012



Sources : AELB/CG 44/DDTM 44/GIP Loire Estuaire

Il est difficile de définir une tendance d'évolution de la moyenne annuelle des concentrations en nitrates depuis 1984. A l'échelle du suivi, les actions menées dans le cadre de la Directive Nitrates - visant à réduire les apports d'azote aux milieux aquatiques - ne sont pas perceptibles à Sainte-Luce-sur-Loire. Elaborée fin 1991, cette Directive est déclinée depuis 1996 en programmes d'action sur la fertilisation et sur la diminution du risque de ruissellement.

Pour le phosphore total, la situation est différente. Après une augmentation sur la période 1984-1993, une nette diminution de la moyenne annuelle des concentrations s'observe, traduisant en grande partie les efforts pour abaisser la concentration des rejets, en particulier ceux des stations d'épuration réglementés par la Directive sur les Eaux Résiduaires Urbaines datant aussi de 1991.

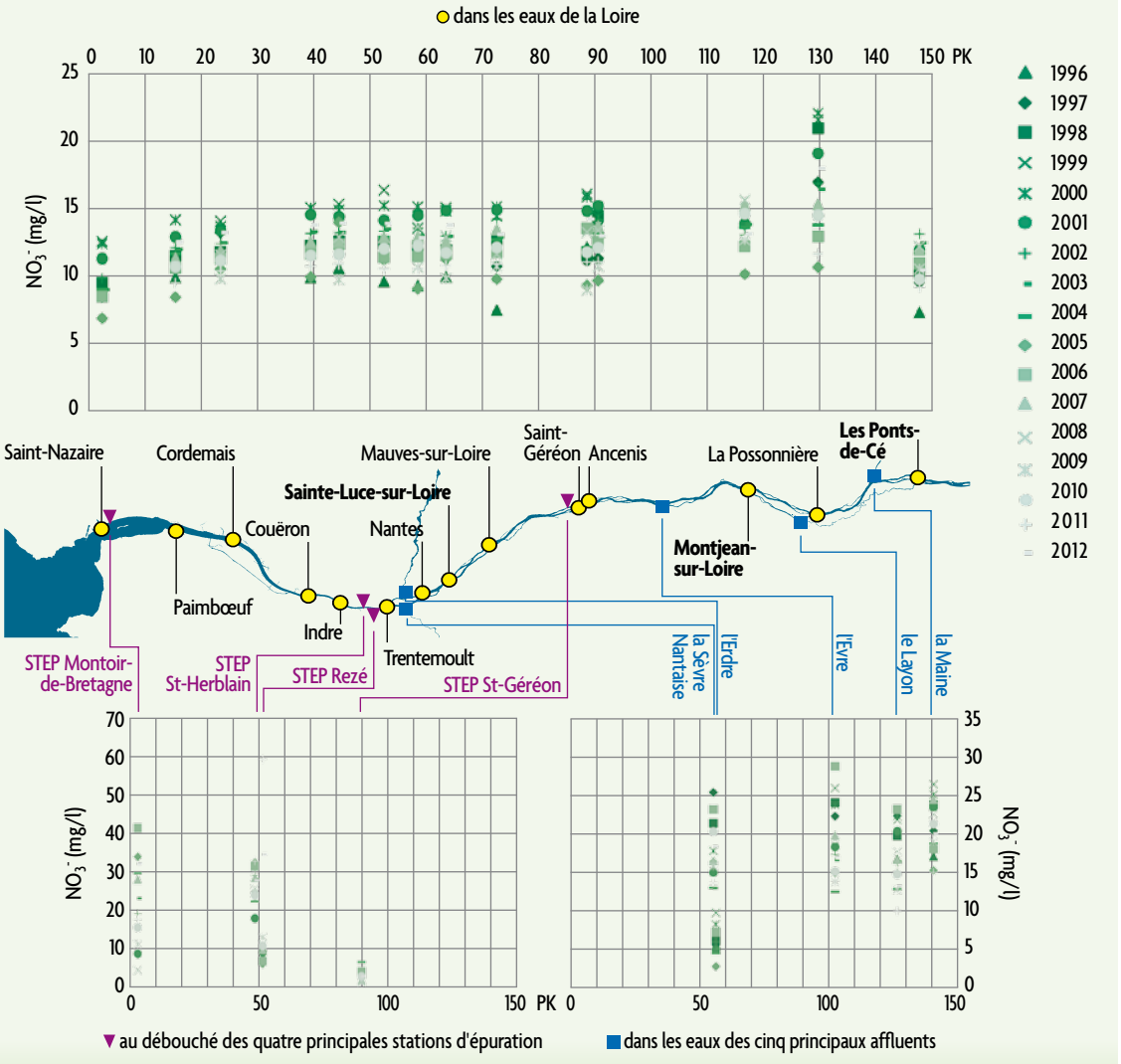
La Maine : un pourvoyeur de nitrates

La moyenne annuelle des concentrations en nitrates en Loire atteint son maximum en 2000, avec plus de 22 mg/l. Elle augmente entre Les Ponts-de-Cé et La Possonnière - jusqu'à doubler - en lien avec les apports de la Maine. Entre La Possonnière et Montjean-sur-Loire (où les mesures commencent en 2001), la consommation des nitrates par les végétaux aquatiques entraîne une baisse des teneurs. Les concentrations varient très peu jusqu'à Couëron ; la dilution, due au volume d'eau plus important, et la consommation par les végétaux aquatiques sont "contrebalancés" par les apports des affluents et des STEP. Plus en aval, les nitrates sont de moins en moins concentrés. Le facteur dilution par les entrées d'eau océaniques et les submersions sur les vastes zones humides de l'estuaire, grâce aux fonctions épuratrices de ces milieux, contribuent à la diminution des concentrations.

La moyenne annuelle des concentrations en nitrates des apports latéraux est la majeure partie du temps plus élevée que celle de la Loire, exceptions faites de l'Erdre et des stations d'épuration situées à Saint-Géréon et Rezé.

GRAPHIQUE L2 A2a - 4a

Evolution longitudinale des nitrates, apports des affluents de 1996 à 2012, et rejets des stations d'épuration de 2001 à 2012



Sources : AELB/ARS 44 et 49/CG 44/DDTM 44/DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

En dehors des périodes d'étiage sévère de la Loire, les débits des affluents sont généralement supérieurs à ceux des STEP et inférieurs à ceux de la Loire. A l'échelle annuelle, les apports latéraux influencent relativement peu le fleuve, à l'exception de la Maine qui représente en moyenne 27 % du flux calculé à Sainte-Luce-sur-Loire (de 1996 à 2011). Les apports à l'estuaire sont compris entre 200 000 à plus de 600 000 tonnes par an (t/an).

Cette estimation peut être comparée aux flux mesurés en 2010 par l'Université de Bordeaux dans le cadre du programme AMELIE, grâce à des prélèvements d'eau de Loire effectués tous les trois

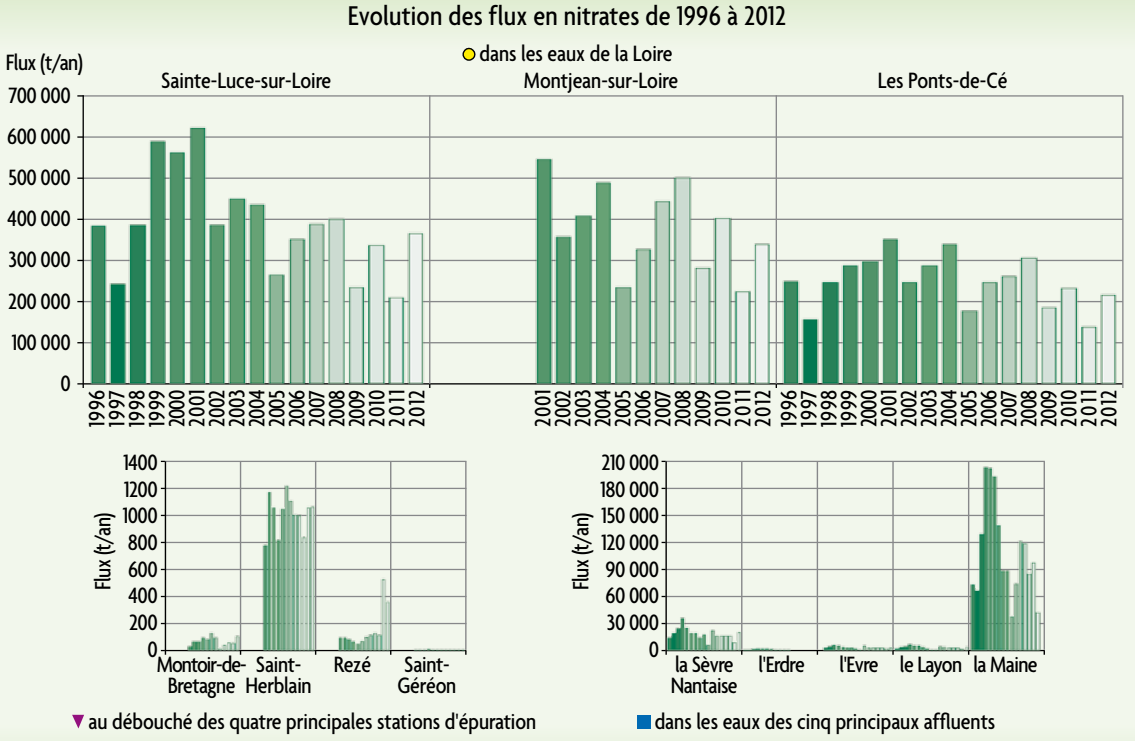
jours à Montjean-sur-Loire : ces flux étaient de 275 000 t/an, soit 18 % inférieurs aux flux estimés à partir des données des réseaux de surveillance. Les deux approches fournissent donc une information du même ordre de grandeur pour une année plutôt sèche.

Les variations interannuelles du flux de nitrates en Loire dépendent de l'hydrologie du fleuve : il est maximal en 2001, année la plus humide de la chronique, et minimal en 2011, année la plus sèche.

Le flux estimé de nitrates en sortie de STEP atteint 1200 t/an en 2006 à Saint-Herblain (soit 200 fois moins que le flux annuel minimal en Loire). Cette STEP est la plus importante du territoire avec 600 000 équivalent-habitants (EH). A Rezé, l'augmentation en 2011 et 2012 est concomitante à l'accroissement de sa capacité (de 120 000 à 180 000 EH) et à l'évolution de la filière de traitement.

Les flux estimés d'ammonium sont plus conséquents pour la station de Montoir-de-Bretagne (de 60 à près de 180 t/an) que pour celle de Saint-Herblain (de 40 à 80 t/an). Cette dernière a une moyenne annuelle des concentrations en ammonium inférieure à 4 mg/l, tandis que celle de la station de l'agglomération nazairienne varie entre 20 et 50 mg/l. En Loire, les concentrations sont beaucoup plus faibles (généralement inférieures à 0,1 mg/l) ; soit un flux annuel estimé à Sainte-Luce-sur-Loire de 800 à plus de 3000 t/an. Le flux maximal de la STEP de Montoir-de-Bretagne est seulement 4 fois moindre que le flux annuel minimal du fleuve. Il serait complémentaire de suivre les autres rejets contenant de l'azote, qui à l'instar de l'ammonium, sont susceptibles de consommer l'oxygène dissous et donc d'accentuer d'éventuelles hypoxies en période d'étiage.

GRAPHIQUE L2 A2a - 4b



Sources : AELB/ARS 49/CG 44/DDTM 44/DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

La masse turbide de l'estuaire : un piège à phosphore

De 1996 à 2012, la moyenne annuelle des concentrations en phosphore total en Loire tend à diminuer. Longitudinalement, elle croît des Ponts-de-Cé à Paimbœuf, où elle atteint son maximum en 2004, avec 4,5 mg/l. En estuaire aval, la concentration en matières en suspension est plus élevée qu'en eau douce, à cause du bouchon vaseux, sur lequel se fixe le phosphore, d'où une augmentation de ses teneurs, malgré la dilution due aux apports de l'océan.

A Saint-Nazaire, les concentrations sont du même ordre de grandeur que celles de Couëron, situé 40 km en amont. Plusieurs phénomènes expliqueraient la baisse des concentrations en aval de Paimbœuf :

- la dilution accrue avec les profondeurs plus importantes ;
- la désorption du phosphore lors de la dilution avec les eaux marines moins riches en phosphates. Le phosphore devient alors biodisponible et malgré la turbidité, serait consommé au fil de la chaîne trophique ;
- le piégeage du phosphore par sédimentation dans le chenal de navigation, sur les vasières, dans les étiers ;

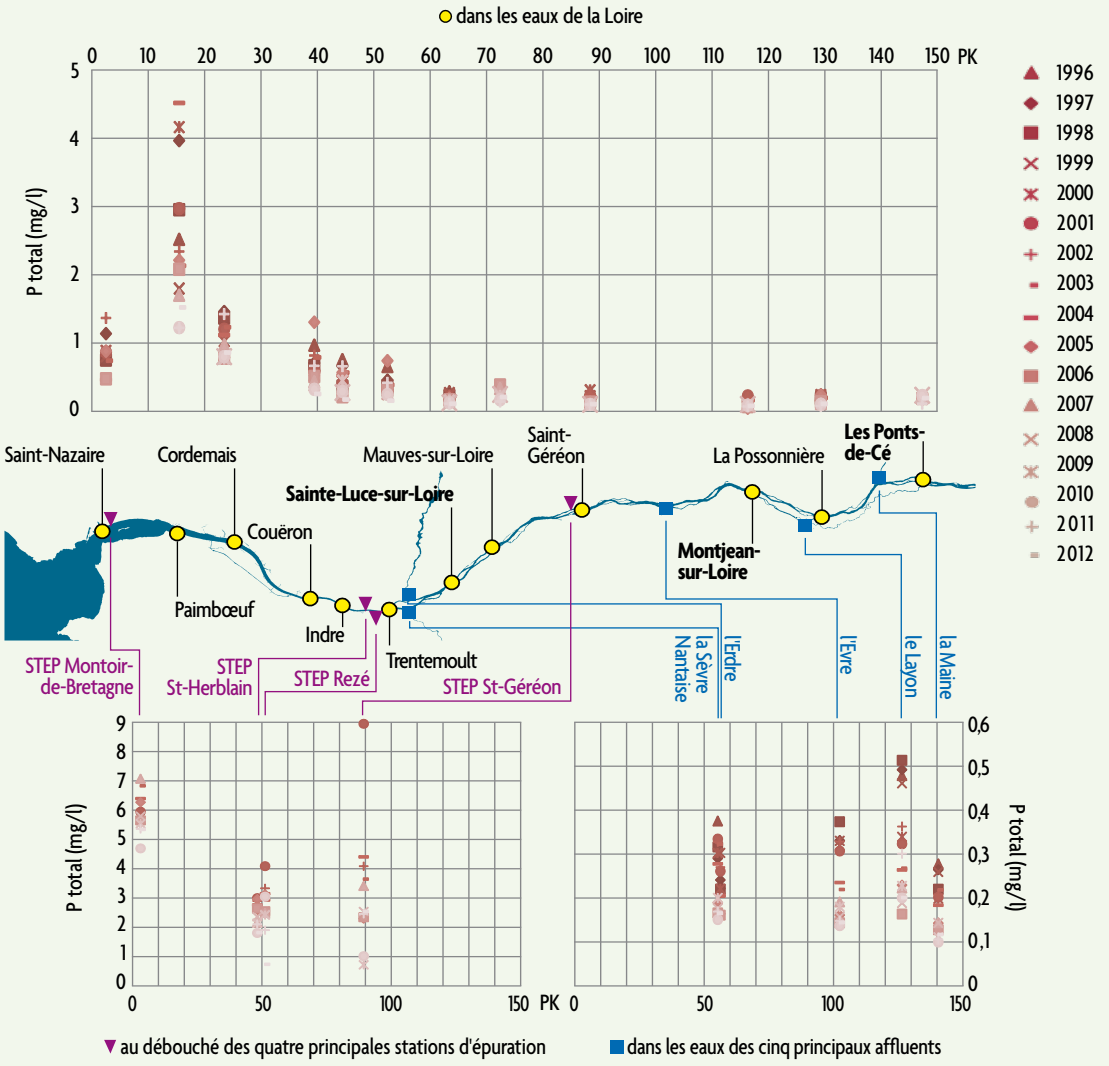
• l'export de phosphore piégé dans le sédiment, soit en crue (expulsion du bouchon vaseux), soit lors des dragages d'entretien du chenal de navigation.

Parmi les cinq affluents principaux, dont les teneurs en phosphore total sont aussi globalement en diminution, seul le Layon présente une moyenne annuelle des concentrations qui est parfois supérieure à celle de la Loire, avec plus de 0,5 mg/l.

Les effluents des principales stations d'épuration ont une concentration moyenne annuelle qui est au moins équivalente au double de celle du fleuve. Ainsi, elle atteint exceptionnellement 9 mg/l en 2001 à Saint-Géréon, et elle varie entre 4 et 7 mg/l en 2007 à Montoir-de-Bretagne. Cependant, les efforts réalisés dans les filières de traitement des STEP permettent d'observer une diminution des rejets.

GRAPHIQUE L2 A2a - 5a

Evolution longitudinale du phosphore total, apports des affluents de 1996 à 2012, et rejets des stations d'épuration de 2001 à 2012



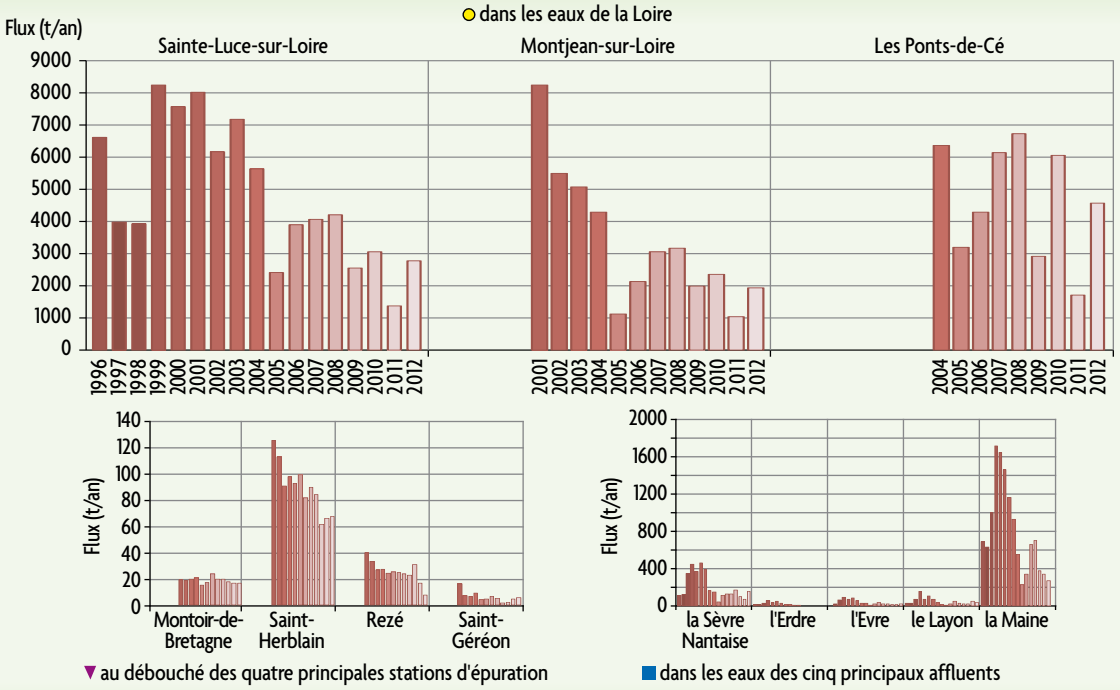
Sources : AELB/ARS 44 et 49/CG 44/DDTM 44/DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

Les flux annuels de phosphore total à l'estuaire sont estimés à environ 1400 à 8000 t/an, respectivement pour une année sèche et une année humide. Sur les années de suivi communes aux trois stations, il semblerait qu'il y ait une consommation entre Les Ponts-de-Cé et Montjean-sur-Loire, puis un enrichissement en aval, car les flux estimés à Sainte-Luce-sur-Loire sont légèrement plus élevés. Il est estimé qu'environ 16 % des apports à l'estuaire sont issus de la Maine, seul affluent qui se démarque par rapport aux quatre autres affluents principaux. En effet, malgré ses concentrations inférieures à celles du Layon, son débit bien supérieur fait la différence en termes de flux.

Quant aux STEP, plus leur capacité de traitement est conséquente, plus leur flux annuel de phosphore total estimé est élevé, hormis Montoir-de-Bretagne, dont les flux équivalent à ceux de Rezé ; ses débits sont moindres, mais les concentrations moyennes bien plus élevées. A l'échelle annuelle, le flux estimé des STEP reste marginal par rapport aux apports des cours d'eau estimés à l'estuaire.

GRAPHIQUE L2 A2a - 5b

Evolution des flux annuels en phosphore total de 1996 à 2012



Sources : AELB/ARS 49/CG 44/DDTM 44/DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

Sources & Méthodes

L'indicateur s'appuie sur les données de l'AELB, de l'ARS délégations territoriales de Loire-Atlantique et du Maine-et-Loire, du Conseil Général de Loire-Atlantique, de la DDTM 44, de la DREAL Pays de la Loire. Toutes les stations ne sont pas suivies toutes les années ; les mesures à Montjean-sur-Loire débutent en 2001, celles en phosphore total aux Ponts-de-Cé et à Mauves-sur-Loire, en 2004. Les prélèvements sont réalisés à basse mer, sauf depuis 2007 à Saint-Nazaire, où ils sont effectués à pleine mer, ce qui ne permet plus l'exploitation des données pour le suivi. Les années, pour lesquelles moins de neuf mesures par an sont réalisées par station, sont exclues de l'analyse. Les mesures sont considérées comme représentatives de la section du fleuve, mais certaines peuvent être influencées par des facteurs locaux. En outre, l'Erdre et la Sèvre communiquent avec la Loire par à un ouvrage hydraulique, dont l'historique des ouvertures n'est pas précisément connu.

L'estimation des flux annuels est calculée sur l'année civile. Le flux étant le produit de la concentration moyenne sur l'année et du débit moyen annuel (F=C*Q moyen annuel). La concentration moyenne sur l'année est calculée à partir de la concentration mesurée et du débit le jour de la mesure ($C= \Sigma(Qj*Cj) / \Sigma Qj$).

Le débit utilisé pour le calcul des flux aux Ponts-de-Cé est celui mesuré la veille à Saumur, par rapport au jour de prélèvement. Pour les autres stations, il est pris à Montjean-sur-Loire, le jour même.

Les flux à Sainte-Luce-sur-Loire sont estimés a minima, car les prélèvements ne sont pas effectués exactement à l'heure de la basse mer. Lorsqu'ils sont réalisés peu de temps avant ou après celle-ci, le débit est plus important (fleuve et marée) que celui pris en compte dans l'estimation (fleuve uniquement).

Des références

Le rapport d'étude du GIP Loire Estuaire, « Bilan des entrées de matières dans l'estuaire de la Loire (août 2009 - mars 2011) Programme AMELIE », présente les mesures de nutriments acquises tous les trois jours, à Montjean-sur-Loire.

La DREAL Centre a édité en 2012 un bilan intitulé « Etude des flux de nitrates sur le bassin Loire-Bretagne ».

Le Commissariat Général au Développement Durable a publié en 2011, « Evolution des flux polluants à la mer », qui décrit les différents contributeurs en nutriments sur la façade atlantique.

agence de l'eau Loire-Bretagne
Établissement public du ministère chargé du développement durable

Cette brochure est cofinancée par l'Union européenne. L'Europe s'engage en Pays de la Loire avec le Fonds européen de développement régional.

Cette fiche appartient au CAHIER 2002 INDICATEURS édité par le GIP Loire Estuaire • 22, rue de la Tour d'Auvergne 44200 NANTES • Tél. : 02 51 72 93 65 • Télécopie : 02 51 82 35 67 • E-mail : gip@loire-estuaire.org Rédaction : GIP Loire Estuaire • Maquette : Jean-Luc Hubiche • Réalisation / illustrations : Caféine, GIP Loire Estuaire • Crédits photo : GIP Loire Estuaire • ISSN : en cours. La mission "observation et communication" est cofinancée par les membres du GIP Loire Estuaire, l'Union européenne et l'Agence de l'eau Loire Bretagne.