

# Études & documents

## Évolution des flux polluants à la mer

Synthèse des évaluations réalisées  
dans le cadre des conventions Oskar et Medpol

n°34  
Février  
2011

ENVIRONNEMENT

OBSERVATION ET STATISTIQUES



Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergies et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir



***Évolution des flux polluants  
à la mer***  
*Synthèse des évaluations réalisées  
dans le cadre des conventions Oskar et Medpol*

**Directeur de la publication :** Bruno Trégouët

**Rédacteurs en chef :** Valéry Morard et Michel David

**Auteur :** Aurélie Dubois

**Avec le concours de :** Laureen Poupier et Samia Skiker

**Coordination éditoriale :** Corinne Boitard

**Traducteur :** Geoffrey Bird

**Maquette-réalisation :** Chromatiques Éditions

## Sommaire

<b>Synthèse.....</b>	<b>5</b>
<b>Préambule.....</b>	<b>7</b>
<i>Présentation de la convention Ospar .....</i>	<i>7</i>
<i>Présentation de la convention Medpol.....</i>	<i>7</i>
<b>Principes de calculs des flux polluants.....</b>	<b>8</b>
<i>Paramètres étudiés.....</i>	<i>8</i>
<i>Classification des apports fluviaux.....</i>	<i>8</i>
<i>Découpage géographique.....</i>	<i>8</i>
<i>Méthodes de mesure et de calcul.....</i>	<i>10</i>
<i>Problèmes liés aux limites de quantification.....</i>	<i>11</i>
<i>Problèmes liés à la disponibilité des données.....</i>	<i>11</i>
<b>Apports fluviaux à la Manche et mer du Nord.....</b>	<b>12</b>
<i>Évolution des flux d'azote.....</i>	<i>12</i>
<i>Évolution des flux de phosphore.....</i>	<i>12</i>
<i>Évolution des flux de matières en suspension.....</i>	<i>13</i>
<i>Contribution aux flux des macro-polluants selon les types de cours d'eau.....</i>	<i>13</i>
<i>Contribution aux flux des métaux selon les types de cours d'eau.....</i>	<i>14</i>
<b>Apports fluviaux à l'océan Atlantique.....</b>	<b>16</b>
<i>Évolution des flux d'azote.....</i>	<i>16</i>
<i>Évolution des flux de phosphore.....</i>	<i>16</i>
<i>Évolution des flux de matières en suspension.....</i>	<i>17</i>
<i>Contribution aux flux selon les types de cours d'eau.....</i>	<i>17</i>
<i>Contribution aux flux des métaux et du lindane selon les types de cours d'eau.....</i>	<i>18</i>
<b>Apports fluviaux à la Méditerranée.....</b>	<b>20</b>
<i>Évolution des flux d'azote.....</i>	<i>20</i>
<i>Évolution des flux de phosphore.....</i>	<i>20</i>
<i>Évolution des flux de matières en suspension.....</i>	<i>21</i>
<i>Contribution aux flux selon les types de cours d'eau.....</i>	<i>21</i>
<b>Comparaison des flux selon les façades.....</b>	<b>23</b>
<i>Flux d'azote lié aux nitrates.....</i>	<i>23</i>
<i>Flux d'azote lié à l'ammonium.....</i>	<i>23</i>
<i>Flux de phosphore.....</i>	<i>23</i>
<i>Flux de matières en suspension.....</i>	<i>24</i>
<b>Comparaison des flux des « rivières principales ».....</b>	<b>25</b>
<i>Flux d'azote lié aux nitrates.....</i>	<i>25</i>
<i>Flux d'azote lié à l'ammonium.....</i>	<i>25</i>
<i>Flux de phosphore.....</i>	<i>26</i>
<i>Flux de matières en suspension.....</i>	<i>26</i>
<i>Flux de métaux sur la Seine.....</i>	<i>26</i>
<i>Flux de cuivre et zinc sur les rivières principales en 2009.....</i>	<i>28</i>
<b>Conclusion.....</b>	<b>29</b>
<b>Glossaire.....</b>	<b>30</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>30</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>31</b>
<i>Annexe I : découpage géographique dans le cadre d'Ospar.....</i>	<i>31</i>
<i>Annexe II : découpage géographique dans le cadre de Medpol.....</i>	<i>32</i>
<i>Annexe III : éléments d'occupation des sols.....</i>	<i>32</i>
<i>Annexe IV : méthodes de calcul des flux polluants.....</i>	<i>33</i>

## Liste des illustrations

Régions de la convention maritime Oskar .....	7
Couverture du programme Medpol.....	7
Paramètres étudiés .....	8
Carte de situation Oskar .....	9
Découpage détaillé des zones Oskar de la région II .....	9
Découpage détaillé des zones Oskar de la région IV .....	9
Carte de situation Medpol.....	10
Découpage détaillé des zones Medpol sur le continent.....	10
Découpage détaillé des zones Medpol en Corse.....	10
Évolution des flux d'azote liés aux nitrates en Manche et mer du Nord.....	12
Évolution des flux d'azote liés à l'ammonium en Manche et mer du Nord.....	12
Évolution des flux de phosphore liés aux orthophosphates en Manche et mer du Nord.....	12
Évolution des flux de phosphore total en Manche et mer du Nord.....	13
Évolution des flux de matières en suspension en Manche et mer du Nord .....	13
Part dans le flux total 2009 selon les types sur la façade Manche – mer du Nord .....	13
Flux des métaux en 2009 sur la façade Manche – mer du Nord.....	14
Flux des métaux en 2009 sur la façade Manche – mer du Nord selon les types de cours d'eau.....	14
Évolution des flux d'azote liés aux nitrates en océan Atlantique .....	16
Évolution des flux d'azote liés à l'ammonium en océan Atlantique.....	16
Évolution des flux de phosphore liés aux orthophosphates en océan Atlantique.....	16
Évolution des flux de phosphore total en océan Atlantique .....	17
Évolution des flux de matières en suspension en océan Atlantique.....	17
Part dans le flux total 2009 selon les types de cours d'eau sur la façade atlantique .....	17
Flux des métaux et du lindane en 2009 sur la façade atlantique .....	18
Part dans le flux de métaux et lindane en 2009 selon les types de cours d'eau sur la façade atlantique .....	18
Évolution des flux d'azote liés aux nitrates en Méditerranée .....	20
Évolution des flux d'azote liés à l'ammonium en Méditerranée.....	20
Évolution des flux de phosphore liés aux orthophosphates en Méditerranée.....	20
Évolution des flux de phosphore total en Méditerranée .....	21
Évolution des flux de matières en suspension en Méditerranée .....	21
Contribution aux flux 2009 selon les types de cours d'eau sur la façade méditerranéenne .....	21
Comparaison des flux d'azote liés aux nitrates rapportés aux surfaces.....	23
Comparaison des flux d'azote liés à l'ammonium rapportés aux surfaces.....	23
Comparaison des flux de phosphore total rapportés aux surfaces.....	23
Comparaison des flux de matières en suspension rapportés aux surfaces .....	24
Comparaison des flux d'azote liés aux nitrates des « rivières principales ».....	25
Comparaison des flux d'azote liés à l'ammonium des « rivières principales » .....	25
Comparaison des flux de phosphore total des « rivières principales ».....	26
Comparaison des flux de matières en suspension des « rivières principales » .....	26
Comparaison des flux de matières en suspension des « rivières principales », Rhône excepté .....	26
Flux de zinc de la Seine .....	27
Flux de plomb de la Seine.....	27
Flux de mercure de la Seine .....	27
Flux de cuivre de la Seine .....	27
Flux de cadmium de la Seine .....	27
Comparaison des flux de zinc des « rivières principales » en 2009.....	28
Comparaison des flux de cuivre des « rivières principales » en 2009 .....	28

## Synthèse

La France mène des évaluations annuelles des flux de polluants rejetés en mer via les cours d'eau au titre des conventions internationales Oskar (Manche, mer du Nord, océan Atlantique) et Medpol (Méditerranée). Les apports de nutriments contribuent notamment aux problèmes d'eutrophisation en milieu marin. Pour cela, une méthodologie définie par la commission Oskar est mise en œuvre.

Les calculs couvrent la période 1990-2009 mais la disponibilité des données ne permet bien souvent de débiter l'étude exhaustive qu'à la fin des années 90. Aux réserves près émises sur la méthodologie mise en œuvre, quelques tendances peuvent être mises en évidence.

Depuis la fin des années 90, les flux de phosphore sont nettement en baisse – en diminution de moitié voire plus – sur l'ensemble des trois façades maritimes. Cette amélioration est explicable d'une part, par le moindre recours aux engrais phosphatés et de l'autre, par l'amélioration des performances des stations d'épuration. Seule la Corse fait exception avec des apports en hausse ces dernières années.

Les flux de phosphore ramenés aux surfaces de bassins versants sont par ailleurs d'ordres de grandeur comparables.

La tendance est moins marquée sur les flux azotés, en particulier pour la façade méditerranéenne. Les flux d'ammonium ont certes fortement diminué, notamment en Manche et mer du Nord, grâce aux meilleurs traitements des stations d'épuration. Mais ils sont au minimum dix fois inférieurs à ceux liés aux nitrates. Les légères baisses constatées sur la façade atlantique – Manche – mer du Nord n'atteignent pas les réductions de moitié relevées sur les flux phosphorés. Le flux en Méditerranée reste quant à lui plutôt stable. Les flux de nitrates sont par ailleurs très dépendants des débits.

Rapportés aux surfaces de bassins versants, les flux azotés (que ce soit ceux liés aux nitrates ou à l'ammonium) sont plus importants en Manche et mer du Nord, malgré des débits plus faibles, que sur le golfe de Gascogne. Le recours aux engrais y est en effet en moyenne plus important ainsi que la densité de population plus forte. Les plus faibles flux surfaciques azotés sont enregistrés en Méditerranée.

En raison de fortes variations interannuelles, il est quasiment impossible de dégager une tendance sur les flux de matières en suspension. Ceux-ci sont par ailleurs importants en Méditerranée, ce qui peut conduire à une sous-estimation du flux réel. En effet, seuls les polluants dissous sont ici pris en compte.

Les variations interannuelles des flux de nitrates sont très liées à celles des débits. De ce fait, les sécheresses répétées de 2003 et 2005 ont influencé les tendances. Les flux d'ammonium sont à l'opposé beaucoup moins influencés par les conditions hydrologiques.

Les flux rejetés en Manche, mer du Nord, dans l'océan atlantique ou en mer Méditerranée sont dans l'ensemble majoritairement guidés par les apports des quatre grands fleuves : Seine (pour la façade Manche – mer du Nord), Loire et Garonne (pour la façade atlantique) et Rhône (pour la façade méditerranéenne). Leurs bassins versants représentent en effet plus de la moitié de la surface considérée (les trois quarts sur la façade méditerranéenne). Ils contribuent de ce fait au minimum à la moitié du flux, voire plus à l'exemple de la Seine pour l'ammonium (trois quarts du flux total en Manche – mer du Nord). Ces dernières années toutefois, les flux sur la façade atlantique des « cours d'eau secondaires » tendent à dépasser ceux des grands fleuves et sont plus importants en proportion par rapport à la surface qu'ils drainent.

Les chroniques plus longues sur ces fleuves confirment les tendances à la baisse des flux phosphorés et d'azote liés à l'ammonium. La situation est moins lisible sur les flux liés aux nitrates, seule la Loire présente une légère baisse.

La Seine est le fleuve présentant les plus fortes contributions rapportées à la surface de bassin versant. C'est également le seul dont les données historiques sur les métaux sont exploitables (à partir de 1995). Les flux de cadmium et le mercure sont ainsi en hausse, ceux des autres métaux (zinc, cuivre et plomb) sont stables.

## Summary

As a party to the Ospar (Channel, North Sea, Atlantic Ocean) and Medpol (Mediterranean) international conventions, France conducts annual evaluations of fluxes of pollutants reaching the sea via rivers and waterways. The input of additional nutrients contributes to the problem of marine eutrophication. Evaluation makes use of a methodology developed and implemented by the Ospar commission.

Calculations cover the 1990–2009 period but the availability of data often only allows exhaustive studies from the late 1990s onwards. With reservations already expressed as to the methodology used, some trends can be discerned.

Phosphorous fluxes to all coasts have been decreasing markedly – by half or even more – since the late 1990s. This improvement can be explained by reduced use of phosphate fertilisers, as well as by improved performance of sewerage treatment plants. Corsica is the only exception, with rising emissions in recent years.

Moreover the phosphorous fluxes, when viewed in relation to the surface area of catchments, are of comparable orders of magnitude.

The trend is less marked for nitrogen fluxes, especially for the Mediterranean. Ammonium fluxes have certainly decreased greatly, especially in the Channel and North Sea, as a result of better sewerage plants but they are, at the least, ten times lower than those relating to nitrates. The slight decreases observed on the Atlantic coast – Channel, North Sea – do not reach the fifty per cent levels of reduction observed for phosphorous. The Mediterranean flux remains more or less stable; nitrate fluxes are, however, highly dependent on river flow rates.

Viewed in terms of catchment areas, the nitrogen containing fluxes (whether nitrates or ammonium) are greater in the Channel and North Sea, in spite of lower flow rates, than in the Bay of Biscay: use of fertilisers, on average, is higher there and population densities are greater. The lowest surface nitrogen fluxes are observed in the Mediterranean.

The wide year-on-year variations make it all but impossible to show a trend in fluxes of suspended matter. These are large in the Mediterranean, which can lead to an under-estimation of the actual flux, as only dissolved pollutants are included.

Year-on-year variations in nitrate fluxes are closely linked to variations in flow rates: the repeated droughts in 2003 and 2005 therefore influenced trends. Conversely, ammonium fluxes are much less influenced by hydrological conditions.

The fluxes reaching the North Sea, the Atlantic Ocean or the Mediterranean are, overall, determined by the contributions of four major rivers: the Seine (for the Channel, North Sea coast), the Loire and Garonne (for the Atlantic side) and the Rhône (for the Mediterranean) as their catchments represent more than half of the surface area considered (three-quarters for the Mediterranean fluxes). They thus contribute at least half of the flux or more, as illustrated by the Seine for ammonium (three-quarters of Channel, North Sea fluxes). However, in recent years contributions from ‘secondary water courses’ have tended to exceed those of the major rivers and are proportionally greater in relation to the areas they drain.

The longer series of observations of these rivers confirm the downward trend for the phosphorous containing fluxes and for nitrogen fluxes related to ammonium. The situation is less clear for nitrate fluxes, with only the Loire showing a slight decrease.

The Seine is the river making the greatest contribution in relation to the area of its catchment. It is also the only one for which the historical data on metals are usable (from 1995). The cadmium and mercury fluxes are seen to be rising, those of other metals (zinc, copper and lead) are stable.



## Préambule

Ce document dresse un état des estimations des flux polluants, véhiculés par les cours d'eau, à la mer. Ces flux sont évalués tous les ans dans le cadre de conventions internationales : Oskar pour la façade mer du Nord, Manche et atlantique et Medpol pour la façade méditerranéenne. La convention Medpol n'ayant pas spécifié de méthodologie, les préconisations de la commission Oskar ont été appliquées.

Les flux sont calculés sur une sélection de polluants, fixée au préalable par les conventions, à partir des données produites par les services de l'État (service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations, directions régionales de l'Environnement), les établissements publics (agences de l'Eau) et certaines collectivités locales dans le cadre de leurs actions de contrôle et de surveillance.

### Présentation de la convention Oskar<sup>1</sup>

Oskar est la « convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique nord-est ». Elle est issue de la fusion de la convention d'Oslo de 1972, traitant de la pollution marine par les opérations d'immersion, et de la convention de Paris, traitant de la pollution d'origine terrestre. Signée en 1992 par 15 États européens ainsi que l'Union européenne, elle n'est entrée en vigueur qu'en 1998.

La convention Oskar fédère les moyens de connaissance et d'action des États signataires. Une conférence ministérielle fixe tous les cinq ans le programme et les objectifs d'Oskar à travers cinq grandes annexes et six axes stratégiques. L'un des axes, « évaluation et surveillance continue de l'environnement » comprend une étude annuelle et exhaustive des apports fluviaux et rejets directs de polluants, ou programme RID (Riverine Input Discharges). Dans ce cadre, le Service de l'observation et des statistiques (SOeS) du ministère en charge de l'Environnement est chargé de fournir, chaque année, une estimation des flux des polluants transitant par les eaux continentales superficielles.

Ci-dessous, la carte des régions Oskar.

### Régions de la convention maritime Oskar



- Région I : eaux arctiques
- Région II : mer du Nord
- Région III : mers celtiques
- Région IV : golfe de Gascogne et côtes ibériques
- Région V : Atlantique au large

Source : [www.ospar.org](http://www.ospar.org)

<sup>1</sup> [www.ospar.org](http://www.ospar.org)

### Présentation de la convention Medpol

Medpol est le « programme de surveillance continue et de recherche en matière de pollution en mer Méditerranée ». Il a été créé en 1975 par le Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) dans le cadre de la convention de Barcelone. Vingt et un États méditerranéens, ainsi que l'Union européenne, s'y sont engagés à estimer et réduire la pollution marine et côtière en Méditerranée afin d'en préserver le milieu.

Le programme couvre la mer Méditerranée, golfes compris, limitée à l'ouest par le détroit de Gibraltar et, à l'est, par le détroit des Dardanelles.

### Couverture du programme Medpol



Source : [www.unepmap.org](http://www.unepmap.org)

## Principes de calculs des flux polluants

Il s'agit d' « évaluer avec autant de précision que possible l'ensemble des apports fluviaux et directs annuels de polluants sélectionnés aux eaux de la convention. Les apports en provenance des lacs, polders et trop-pleins d'eau de pluie seront pris en compte lorsque l'on disposera de données à ce sujet »<sup>2</sup>. L'objectif est de surveiller régulièrement au moins 90 % des apports de chacun des polluants sélectionnés.

Afin de mener cette évaluation, la commission Oskar a édité un certain nombre de principes à suivre dont la déclinaison française est présentée ci-dessous. Ces principes ont également été appliqués à la façade méditerranéenne.

La commission Oskar met à disposition un logiciel de calcul des flux sur lequel s'appuient tous les résultats présentés dans ce document : logiciel RTrend®. Les flux sont calculés conformément à la demande de la commission, à savoir sur la partie dissoute de chaque polluant et non la forme particulaire. Ceci peut conduire à une sous-estimation des flux réels, notamment pour les métaux : les transferts de polluants au milieu marin via les sédiments ne sont pas pris en compte.

Par ailleurs, l'estimation des flux est contrainte par le nombre parfois restreint d'analyses menées sur les cours d'eau. En particulier, les épisodes de crues sont insuffisamment couverts. Les différentes méthodes de calcul proposées (voir annexe IV) pallient au mieux ces phénomènes. Dans ces conditions, les flux calculés ne peuvent pas être rigoureusement considérés comme les flux réels, notamment sur certains paramètres comme les métaux ou les matières en suspension mais plutôt des flux « minimum ». Le suivi en période de crues est en effet décisif quant à l'évaluation du flux annuel<sup>3</sup>. Pour mieux approcher les flux réels, il faudrait une mesure en continu des paramètres chimiques, ce qui est coûteux à mettre en œuvre pour couvrir l'ensemble des apports. Ce sont donc plus les évolutions des flux qui sont étudiées que leurs valeurs absolues.

<sup>3</sup> Voir référence bibliographique.

### Paramètres étudiés

Les calculs de flux sont menés sur 12 substances.

Paramètres étudiés		
Paramètre		Unité du flux (par an)
Ammonium	NH <sub>4</sub>	kilotonne (kt)
Nitrate	NO <sub>3</sub>	kt
Azote total	total N	kt
Orthophosphate	PO <sub>4</sub>	kt
Phosphore total	total P	kt
Matières en suspension	MES	kt
Cadmium	Cd	tonne (t)
Cuivre	Cu	t
Mercure	Hg	t
Plomb	Pb	t
Zinc	Zn	t
Lindane	g-HCH	kg

Source : convention Oskar – principes RID, 1998.

Les suivis des flux azotés et phosphorés permettent notamment d'évaluer les risques d'eutrophisation.

### Classification des apports fluviaux

Les cours d'eau sont classés selon l'importance des flux polluants qu'ils représentent. On distingue ainsi :

- les « rivières principales » ou « main rivers », cours d'eau dont les flux de substances polluantes sont importants et qui doivent être suivis régulièrement ;
- les « cours d'eau secondaires » ou « tributaires » ;
- les zones « d'apport diffus », non drainées par un cours d'eau significatif.

Sur chacun des cours d'eau identifiés, des stations de surveillance et de débit sont choisies de manière à disposer des chroniques les plus longues possibles. Les contributions des zones « d'apport diffus » sont estimées par rapprochement avec des zones drainées par un cours d'eau significatif.

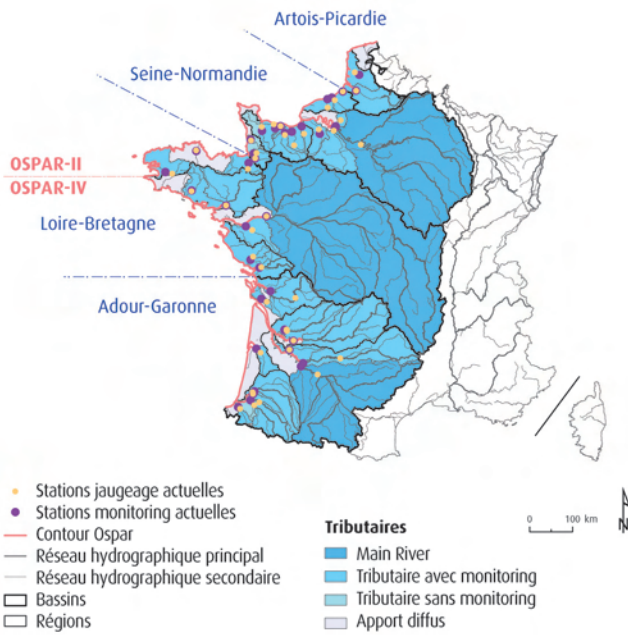
### Découpage géographique

#### Oskar

La France est directement concernée par les régions II (Manche et mer du Nord) et IV (océan Atlantique, partie golfe de Gascogne) définies par Oskar. L'évaluation des apports fluviaux est basée sur un découpage stable en 51 zones d'étude (voir annexe I pour plus de détails). Ce découpage a été fait en cohérence avec les grands bassins hydrographiques français : Artois-Picardie, Seine-Normandie, Loire-Bretagne et Adour-Garonne.

<sup>2</sup> Principes RID de la convention Oskar.

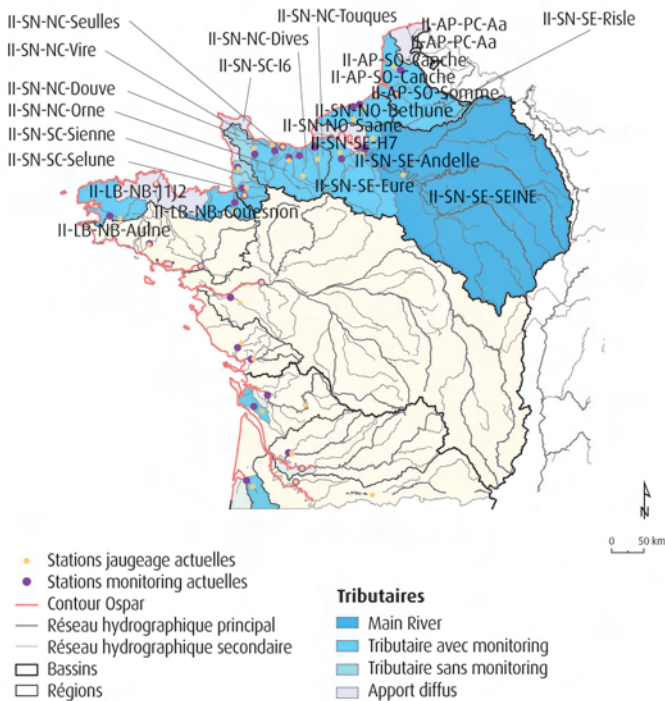
### Carte de situation Oskar



Source : IGN, MEDAD et agences de l'Eau, BD Carthage®, 2006 ; MEDAD, Banque Hydro, 2008.

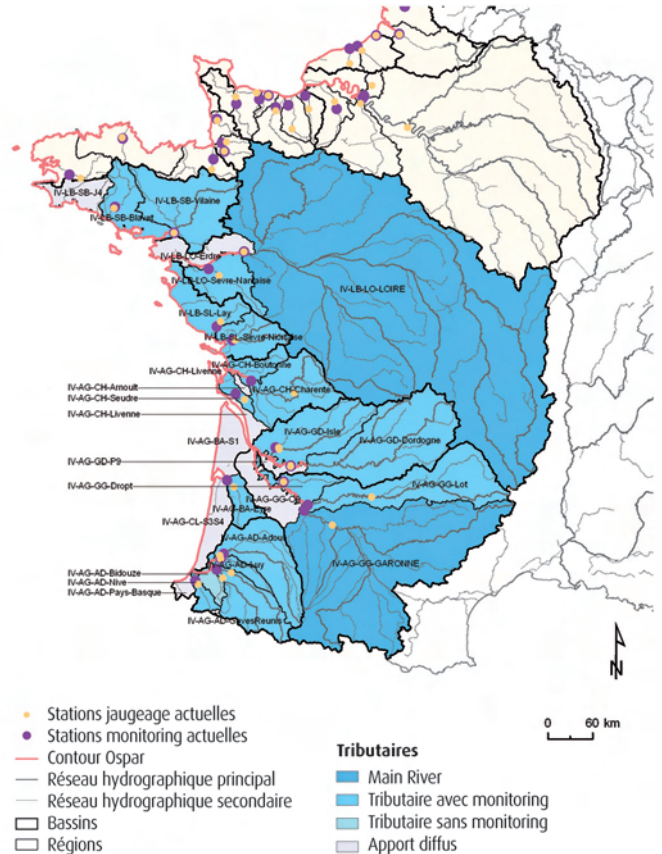
Les deux cartes suivantes présentent plus en détail la distribution des zones au sein des régions II et IV (une carte par région).

### Découpage détaillé des zones Oskar de la région II



Source : IGN, MEDAD et agences de l'Eau, BD Carthage®, 2006 ; MEDAD, Banque Hydro, 2008.

### Découpage détaillé des zones Oskar de la région IV



Source : IGN, MEDAD et agences de l'Eau, BD Carthage®, 2006 ; MEDAD, Banque Hydro, 2008.

Ainsi, le programme français d'Oskar couvre 382 162 km<sup>2</sup>, soit 70 % de la surface totale du pays. Il représente environ 60 % de la population. 84 % de la surface déclarée au titre d'Oskar est couverte par des stations de surveillance.

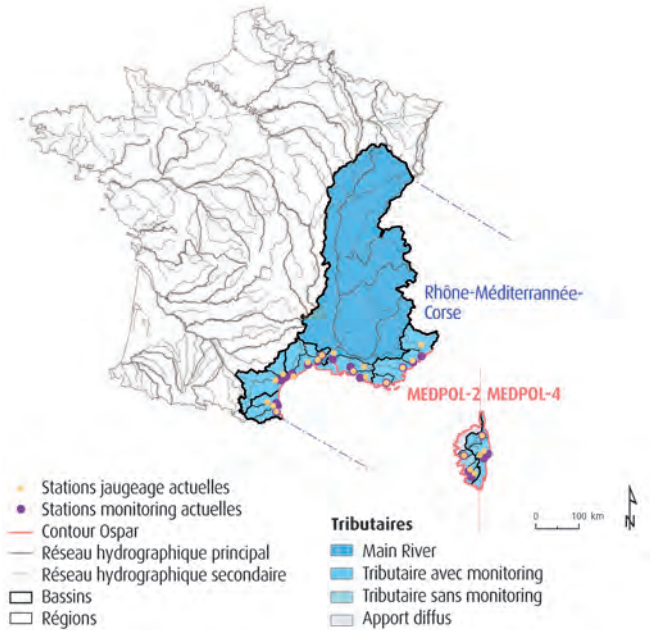
Au vu des apports et des surfaces drainées, trois cours d'eau sont déclarés comme des « rivières principales » : la Loire, la Seine et la Garonne. Les trois zones qu'elles drainent représentent un peu plus de la moitié de la surface Oskar.

### Medpol

Le programme Medpol est construit de façon analogue à la commission Oskar. La France est directement concernée par les régions 2 et 4 définies par Medpol. L'évaluation des apports fluviaux est basée sur un découpage en 24 zones d'étude (voir annexe II pour plus de détails). L'ensemble de la zone étudiée est en cohérence avec le bassin hydrographique Rhône-Méditerranée-Corse, la Corse étant à cheval sur les zones 2 (côte ouest) et 4 (côte est).

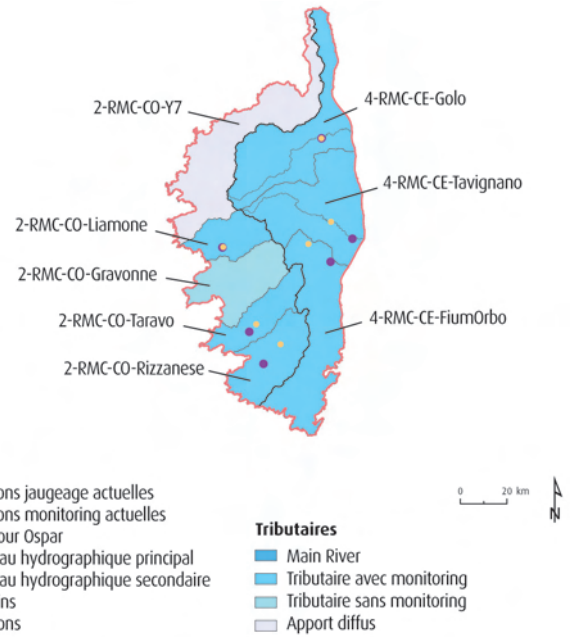


### Carte de situation Medpol



Source : MEEDDM, BD Carthage® et Banque Hydro, agences de l'Eau.

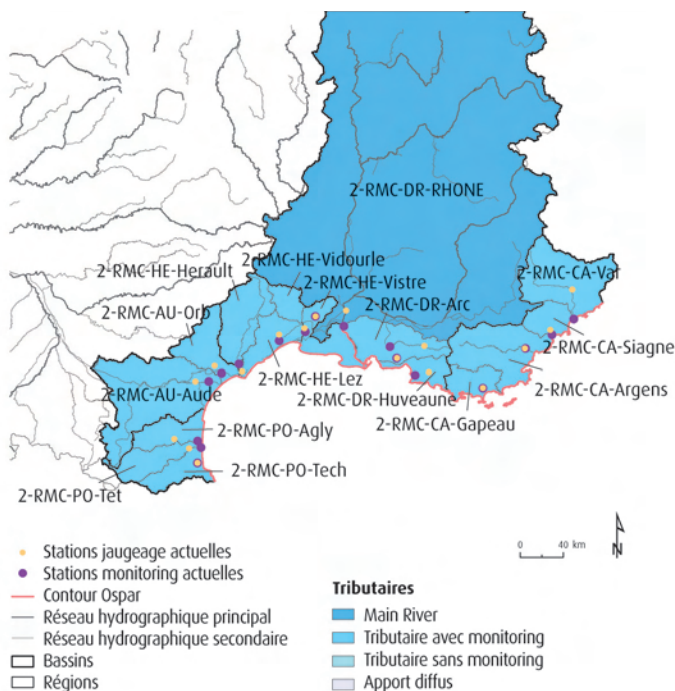
### Découpage détaillé des zones Medpol en Corse



Source : MEEDDM, BD Carthage® et Banque Hydro, agences de l'Eau.

La zone étudiée dans le cadre de Medpol représente quant à elle 25 % de la superficie totale de la France métropolitaine et environ le quart de la population française également. Seul le Rhône est considéré comme une « rivière principale » car il draine à lui seul 71 % de la surface étudiée pour le programme Medpol. Au total, près de 89 % de la surface prise en compte pour le calcul des flux vers la Méditerranée est couverte par des stations de surveillance.

### Découpage détaillé des zones Medpol sur le continent



Source : MEEDDM, BD Carthage® et Banque Hydro, agences de l'Eau.

### Méthodes de mesure et de calcul

Les stations de suivi des apports fluviaux ont été choisies selon les principes définis dans le cadre de la convention Oskar : stations le plus en aval possible mais non influencées par la marée, dans un écoulement unidirectionnel d'eau douce. Le réseau des stations qualité est sous la responsabilité des agences de l'Eau ayant autorité sur les bassins hydrographiques concernés. Quant aux stations de débit, elles sont pour la plupart gérées par les directions régionales du ministère de l'Écologie, services de prévision des crues etc. (pour plus de détails voir <http://www.hydro.eaufrance.fr/>).

Des changements de stations peuvent survenir au cours du temps. Dans ce cas, de nouvelles stations sont choisies avec le souci de maintenir la continuité des résultats.

Les analyses sont réalisées par des laboratoires agréés par le ministère en charge de l'Environnement. Un minimum de 12 mesures par an est requis pour les « rivières principales » ainsi que pour les macropolluants (azote, phosphore...), des « cours d'eau secondaires » les plus importants. Un minimum de 4 mesures est demandé dans les autres cas. Cet objectif n'est cependant pas atteint sur l'ensemble de la période 1990-2009, notamment sur les métaux. La fréquence varie également en fonction des stations et dans le temps.

Concernant les méthodes de calcul, la France utilise le logiciel RTrend® fourni par Oskar. Ce logiciel permet de calculer, à partir de concentrations et de débits, les flux massiques à chaque station de suivi. Six formules statistiques sont proposées, en fonction de la représentativité et de la fréquence des analyses disponibles. Selon les caractéristiques de mesure, la formule la plus adaptée est utilisée (voir annexe IV pour plus de détails).

Les flux des zones « d'apport diffus » sont estimés par rapprochement avec une zone faisant l'objet d'un calcul. Ce rapprochement est basé sur des critères d'occupation des sols.

### Problèmes liés aux limites de quantification

Quand les analyses sont inférieures à la limite de quantification (voir glossaire), les concentrations, et par conséquent les flux, ne peuvent pas être estimées précisément. Seule une estimation basse, dite « lower », pour laquelle les analyses sont considérées comme nulles, et une estimation haute, dite « upper », pour laquelle les analyses sont prises comme égales à la limite de quantification, sont possibles. Ces estimations définissent un intervalle encadrant la valeur « réelle ». Les limites de quantification variant malheureusement également dans le temps, certaines années peuvent être écartées, n'étant pas significatives en raison de limites trop élevées.

### Problèmes liés à la disponibilité des données

Les réseaux de mesure évoluant, certaines stations peuvent être amenées à disparaître ou être déplacées. Par ailleurs, des pannes peuvent affecter le fonctionnement des stations de jaugeage. Il n'est pas toujours possible de trouver une station de remplacement qui satisfasse également les principes édictés par la convention Oskar. De ce fait, la disponibilité des données n'est pas continue sur la période 1990-2009.

## Apports fluviaux à la Manche et mer du Nord

Le bassin versant de la façade Manche – mer du Nord couvre 119 000 km<sup>2</sup> et 20 millions de personnes y vivent. La Seine est la seule « rivière principale » de cette région. Mais elle draine à elle seule un peu plus de la moitié (54 %) de sa surface et 70 % de la population vit dans son bassin versant.

En raison de la disponibilité incomplète des données sur la période d'étude 1990-2009, seuls les macro-polluants peuvent être étudiés en tendance et ce, entre 1999 et 2009. L'année 2001 a de plus dû être écartée car des données manquaient sur 5 zones. Par ailleurs, les données complètes sur les métaux ne sont disponibles que pour l'année 2009.

### Évolution des flux d'azote

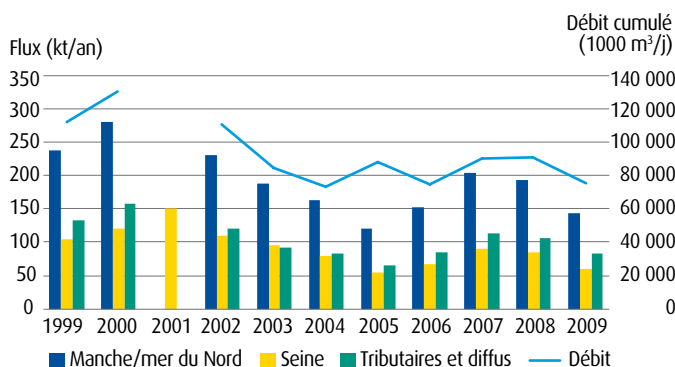
Les flux d'azote sont principalement liés aux nitrates : en 2009 ces derniers représentaient sur cette zone 87 % du flux d'azote total qui s'élevait à 166 000 tonnes en estimation haute. Les nitrates proviennent essentiellement de l'épandage d'engrais. L'ammonium quant à lui est rejeté en sortie des stations d'épuration.

### Flux lié aux nitrates

L'apport d'azote lié aux nitrates est très sensible aux variations de débit (en courbe sur le graphique ci-dessus). Ainsi trois quarts de l'évolution des flux sont explicables par celle des débits. On observe entre 1999 et 2005 une baisse des flux liée à la baisse de pluviométrie sur la même période. Les flux augmentent de nouveau à partir de 2005, puis diminuent ces deux dernières années en lien avec une pluviométrie moindre. Sur l'ensemble de la période, le flux d'azote lié aux nitrates semble malgré tout en très légère baisse. Ainsi, à pluviométrie comparable en 2004 et 2009, le flux d'azote lié aux nitrates a diminué de 10 % avec 145 100 tonnes. L'utilisation d'engrais est en légère diminution sur certaines régions du bassin versant, telles que l'Île-de-France (environ -30 % entre 2000 et 2009), très soumise à l'artificialisation des terres, ou encore la Bretagne (environ -20 % entre les années 1990-2000 et aujourd'hui) et stable ailleurs.

Les surfaces agricoles sont du même ordre de grandeur dans les bassins versants de la « rivière principale » (44 000 km<sup>2</sup>) et des autres types (45 000 km<sup>2</sup>). Mais les « tributaires » cumulés aux zones d'apport diffus contribuent un peu plus que la Seine au flux d'azote lié aux nitrates. La part de la Seine au flux total est d'ailleurs en légère diminution depuis 2003 (passant de 51 à 42 %).

### Évolution des flux d'azote liés aux nitrates en Manche et mer du Nord



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

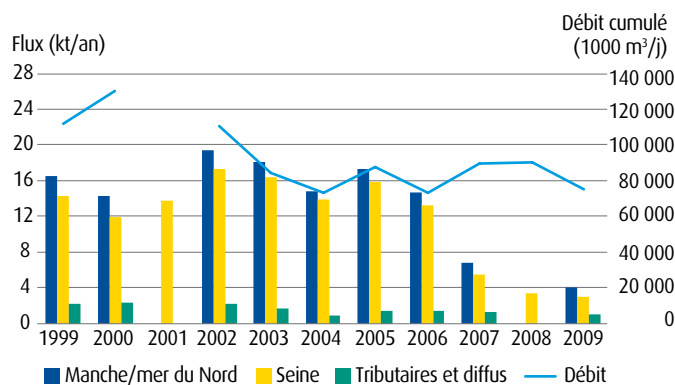
### Flux lié à l'ammonium

La Seine est largement prédominante sur le flux d'azote lié à l'ammonium. Son bassin versant est en effet densément peuplé : 215 habitants/km<sup>2</sup> contre 169 en moyenne sur l'ensemble de la façade Manche – mer du Nord soit 14 millions d'habitants sur 20 millions au total.

Le flux d'ammonium est en nette baisse depuis 2005 mais cette baisse concerne majoritairement la Seine. Cette diminution peut s'expliquer par une amélioration du dispositif de traitement des eaux de l'agglomération parisienne.

Les flux d'azote liés à l'ammonium sont toutefois 16 fois inférieurs en moyenne à ceux liés aux nitrates (4 100 tonnes contre 145 100 en 2009). Leurs variations ne sont par ailleurs pas corrélées à celles des débits.

### Évolution des flux d'azote liés à l'ammonium en Manche et mer du Nord



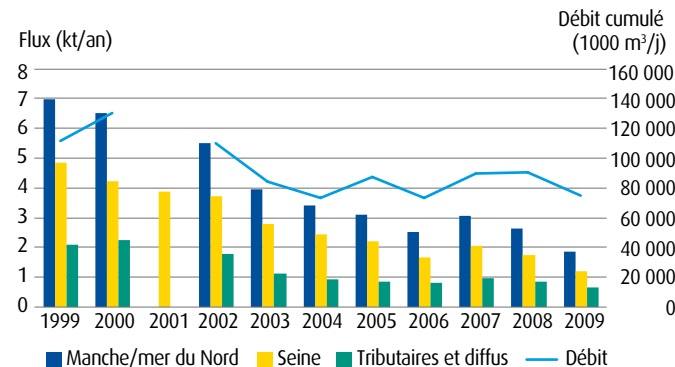
Note : des limites de quantification élevées ne permettent pas d'évaluer les flux des tributaires et par conséquent, de l'ensemble de la façade Manche – mer du Nord en 2008.

Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Évolution des flux de phosphore

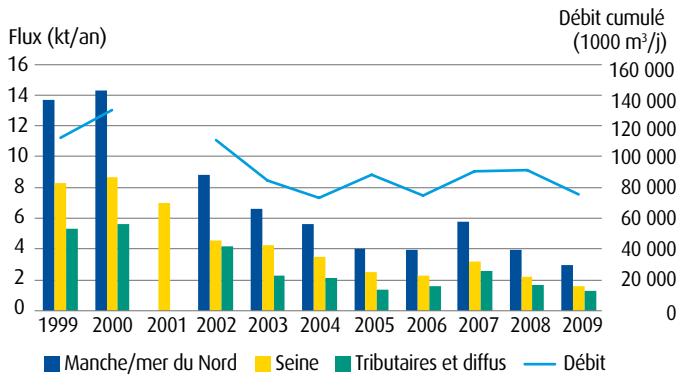
Les matières phosphorées ont pour origines, à parts quasi égales, l'érosion des sols, l'activité agricole (engrais phosphatés), l'industrie et les rejets urbains, avec l'utilisation de détergents enrichis en phosphates afin d'adoucir l'eau. Les orthophosphates sont la forme la plus simple et la plus répandue des phosphates dans l'eau. En 2009, ils représentent 60 % du flux total en phosphore qui s'élève à 3 000 tonnes.

### Évolution des flux de phosphore liés aux orthophosphates en Manche et mer du Nord



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Évolution des flux de phosphore total en Manche et mer du Nord



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Le flux de phosphore provenant des orthophosphates représente en moyenne environ la moitié du flux total en phosphore. Leurs évolutions sont par ailleurs comparables sur la période.

Les flux ont nettement chuté depuis 1999 : de l'ordre de -70 % pour les orthophosphates et -80 % pour le phosphore total. Cette différence tend d'ailleurs à prouver que les autres sources de phosphore sont aussi en baisse. Les flux de phosphore en 2009 sont ainsi inférieurs à ceux de 2006 malgré des débits similaires.

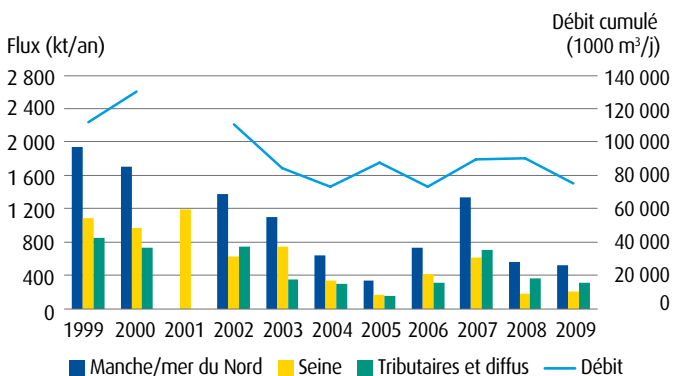
L'influence des apports de la Seine est encore très marquée puisqu'elle draine 60 % des orthophosphates, pour 54 % de la surface de bassin versant et 70 % de la population. Le flux de phosphore total de la Seine a diminué de moitié entre 2000, date de mise en service d'une unité de traitement du phosphore sur la station d'épuration Seine aval (qui couvre une part importante de l'agglomération parisienne), et 2002 puis par trois depuis. Par ailleurs, les engrais phosphatés sont de moins en moins utilisés (-25 à -50 % ces dix dernières années).

### Évolution des flux de matières en suspension

Les flux de matières en suspension ont baissé de 70 % entre 1999 et 2009, avec toutefois un pic notable en 2007.

Le flux de la Seine représente en moyenne un peu plus de la moitié du flux total de la région II. Depuis 2007 cependant, le flux de la Seine est inférieur à celui des « tributaires ».

### Évolution des flux de matières en suspension en Manche et mer du Nord

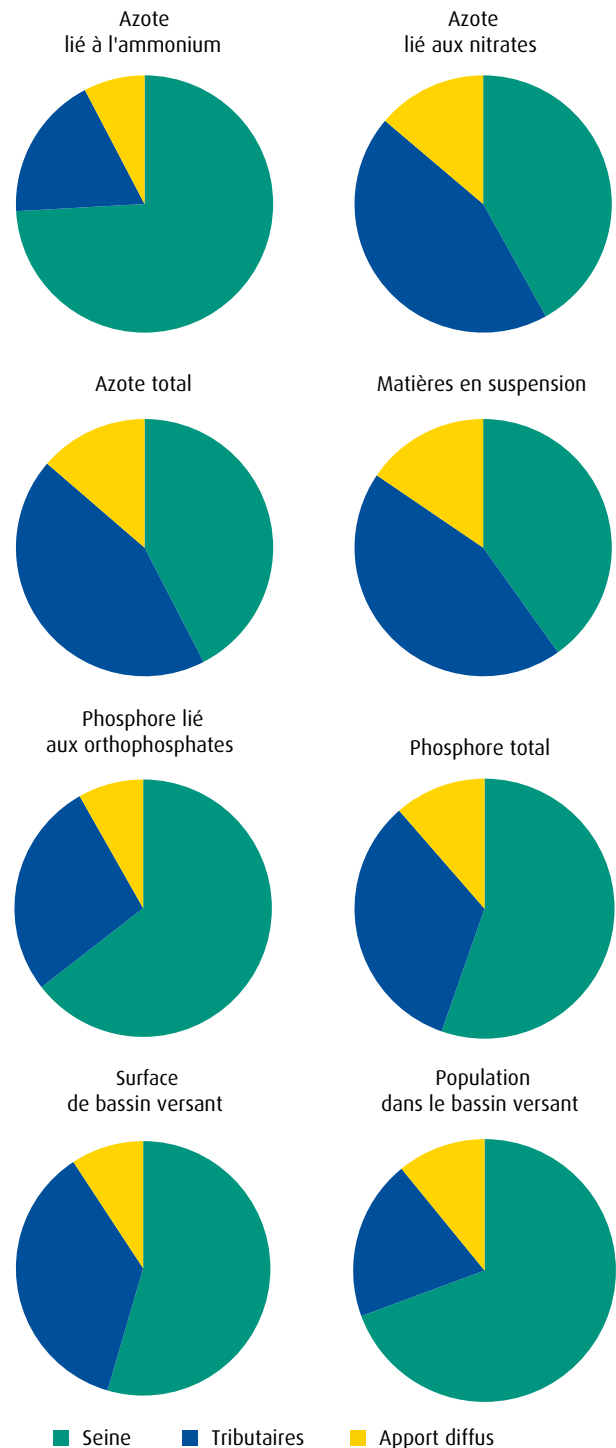


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Contribution aux flux des macro-polluants selon les types de cours d'eau

La Seine, seule « rivière principale » de la façade Manche - mer du Nord, draine 54,5 % de la surface du bassin versant contre 36,3 % pour les « tributaires » et seulement 9,2 % pour les zones « d'apport diffus » non monitorées (regroupées précédemment avec les tributaires). Selon les paramètres étudiés, les flux ne sont cependant pas toujours proportionnels aux surfaces, en raison des différences d'occupation des sols des bassins versants.

### Part dans le flux total 2009 selon les types sur la façade Manche - mer du Nord



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Les parts de chaque type de cours d'eau dans le flux total sont proportionnelles aux surfaces de bassin versant pour le flux de phosphore total. Pour le flux d'azote lié aux nitrates et les matières en suspension, les « tributaires » contribuent un peu plus en proportion que la surface de leur bassin versant. La Seine draine ainsi 54,5 % de la surface totale pour la façade Manche – mer du Nord et représente 42 % du flux de nitrates ainsi que de celui d'azote total et 40 % du flux des matières en suspension. Le bassin versant des « tributaires » représente 36,3 % de la surface totale drainée et ceux-ci contribuent à hauteur de 44 % du flux de nitrates, 44 % du flux d'azote total et 45 % du flux de matières en suspension. Les zones « d'apport diffus » représentent 14 à 15 % de ces flux pour 9 % de la surface. La surface agricole des bassins versants des « tributaires » ajoutée à celle des zones « d'apport diffus » est équivalente à celle du bassin versant de la Seine<sup>4</sup>.

Le flux de la Seine est par contre prépondérant pour l'ammonium : cette « rivière principale » véhicule 74 % des apports. Sa part est également plus importante dans les apports d'orthophosphates (65 % du flux). Ceci s'explique par l'origine plutôt urbaine de ces polluants et la forte concentration de population dans son bassin versant.

Ces dernières années, la contribution aux flux de polluants des « tributaires » s'est accrue par rapport à celle de la Seine, en particulier pour les flux d'ammonium, de phosphore total ainsi que pour celui des matières en suspension. En effet, la réduction des flux drainés par la « rivière principale » est plus importante que pour les « tributaires ».

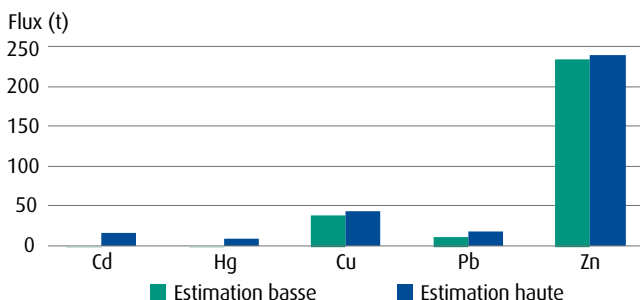
### Contribution aux flux des métaux selon les types de cours d'eau

Les éléments traces métalliques (ETM) sont naturellement présents dans les sols à des concentrations plutôt faibles et variables selon le type de roche mère. Ils peuvent avoir une origine anthropique sous la forme d'apports urbains (boues des stations d'épuration, transport...), apports agricoles (phytosanitaires, effluents d'épandage...), contaminations industrielles (sidérurgie, métallurgie, chimie et parachimie, raffinage du pétrole...). À partir d'un certain seuil, variable selon l'élément considéré, ils sont toxiques pour la faune et la flore.

Les flux de cinq métaux sélectionnés par la convention Oskar ont été mesurés en 2009 : le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le plomb (Pb) et le zinc (Zn).

En raison des analyses inférieures aux limites de quantification, les flux totaux ont été évalués selon une estimation basse « lower », et une estimation haute « upper », le flux « réel » s'inscrivant entre ces deux valeurs.

### Flux des métaux en 2009 sur la façade Manche – mer du Nord

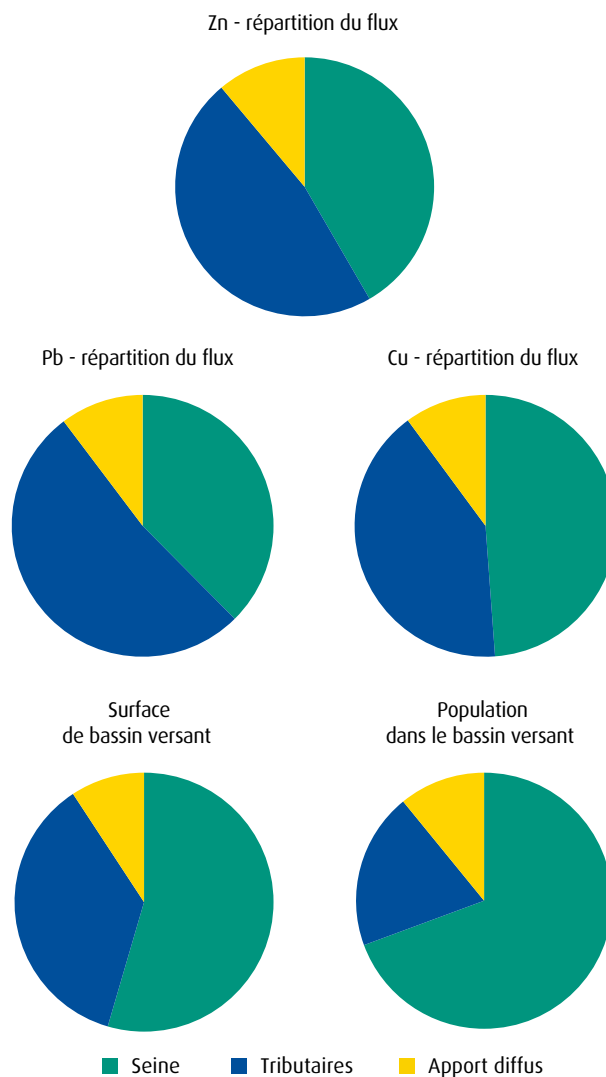


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro – Traitements RTrend et SOeS, 2010.

<sup>4</sup> Source : CORINE Land Cover 2000.

Pour le cadmium et le mercure les estimations basses sont proches de zéro, il est donc difficile d'estimer les flux de ces substances. Ainsi, les analyses indiquent que le flux de mercure sur la façade Manche – mer du Nord est compris entre 0,2 et 9,7 tonnes pour l'année 2009. Celui du cadmium se situerait entre 0,4 et 17,8 tonnes pour cette même année. En revanche pour le zinc, le cuivre et le plomb, les estimations haute et basse sont presque égales, réduisant ainsi l'incertitude de l'estimation. En 2009, le flux de cuivre sur la façade Manche – mer du Nord est compris entre 38,9 et 43,6 tonnes, celui de zinc entre 235,5 et 239,7 tonnes et celui du plomb entre 11,6 et 19,4 tonnes.

### Flux des métaux en 2009 sur la façade Manche – mer du Nord selon les types de cours d'eau



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro – Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Les parts de chaque type de cours d'eau dans le flux total de ces trois métaux sont assez proches des surfaces de bassin versant, les « tributaires » contribuant toutefois en proportion un peu plus. Les « tributaires » drainent 36,3 % de la surface totale mais ils représentent 41 % du flux de cuivre, 47 % du flux de zinc et 52 % du flux de plomb. La Seine draine 54,5 % de la surface totale pour la façade Manche – mer du Nord et représente 49 % du flux de cuivre, 42 % du flux de zinc, 38 % du flux de plomb. Les zones « d'apport diffus » drainent 10 % du flux de cuivre, 11 % du flux de zinc et 10 % du flux de plomb pour 9,2 % de la surface.



## À retenir

Sur la façade Manche – mer du Nord en 2009, le flux d'azote s'élève à 166 000 tonnes, celui de phosphore à 3 000 tonnes (estimation haute).

Les flux de phosphore ont baissé de plus de 75 % sur la période 1999-2009. Cette diminution est bien plus marquée que celle amorcée sur l'azote, dont les flux sont par ailleurs fortement corrélés aux débits.

Les parts de chaque type de cours d'eau au flux total sont proportionnelles aux surfaces de bassin versant pour les flux de phosphore total. Pour l'azote lié aux nitrates, les « tributaires » contribuent en proportion un peu plus que la surface qu'ils drainent. La Seine est par contre prépondérante dans les apports liés à l'ammonium, du fait de l'origine plus urbaine de ce polluant. Mais si le flux d'ammonium diminue ces dernières années, il reste largement inférieur à celui lié aux nitrates.

## Apports fluviaux à l'océan Atlantique

L'océan Atlantique *via* le golfe de Gascogne reçoit les apports d'un bassin versant de 263 000 km<sup>2</sup> où vivent 17 millions de personnes.

La Loire et la Garonne sont considérées comme « rivières principales » de la région Oskar IV : elles drainent à elles deux un peu plus de la moitié (56 %) de la surface totale du bassin versant de la façade atlantique et la moitié de la population de cette façade y vit.

Comme pour la région II (voir carte « Régions de la convention maritime Oskar »), la disponibilité des données ne permet d'étudier l'évolution des flux que pour les macro-polluants entre 1999 et 2009. Les flux de 5 éléments traces métalliques et du lindane sont disponibles pour l'année 2009.

### Évolution des flux d'azote

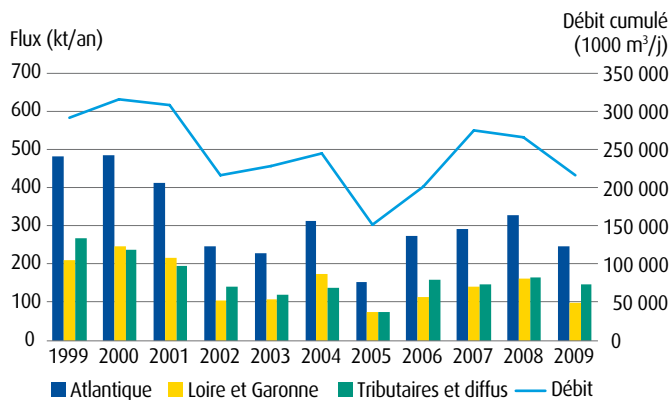
Comme en Manche – mer du Nord, le flux d'azote lié aux nitrates est prépondérant dans le flux d'azote total (77 % du flux en 2009 qui s'élève à 321 900 tonnes en estimation haute).

### Évolution des flux d'azote liés aux nitrates

Les flux de nitrates sont corrélés aux débits : 80 % des variations de flux de nitrates sont explicables par les évolutions de débit. On observe de ce fait trois phases sur la période 1999-2009 : une baisse importante de 1999 à 2005, malgré un pic en 2004, suivie d'une hausse entre 2005 et 2008, en liaison avec les débits et 2009 en diminution. À débits cumulés comparables en 2002 et 2009, les flux d'azote liés aux nitrates sont du même ordre de grandeur (près de 250 000 tonnes).

De façon systématique depuis 2005, l'ensemble constitué des « tributaires » et des zones d'apport diffus contribue au moins autant que les deux « rivières principales » Loire et Garonne. La surface agricole contenue dans les bassins versants des « rivières principales » est pourtant plus importante (107 000 km<sup>2</sup> contre 73 000 km<sup>2</sup> selon CORINE Land Cover 2000).

### Évolution des flux d'azote liés aux nitrates en océan Atlantique



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Évolution des flux d'azote liés à l'ammonium

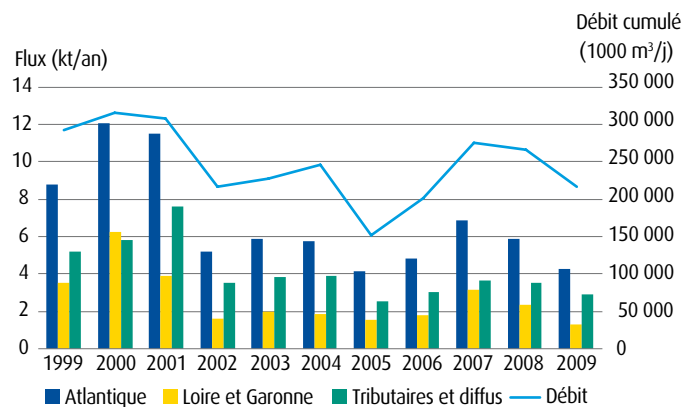
Après avoir fortement chuté en 2002, les apports d'ammonium semblent se stabiliser depuis à un niveau deux fois inférieur à celui des années 2000/2001. En 2009, le flux a néanmoins baissé pour atteindre celui de 2005 malgré un débit supérieur.

Comme pour les nitrates, flux et débit sont liés.

Les « tributaires » et apports diffus contribuent plus que les « rivières principales » malgré une population équivalente.

Le flux d'azote lié à l'ammonium est toutefois négligeable par rapport à celui lié aux nitrates : il est en moyenne 50 fois moins important sur cette façade.

### Évolution des flux d'azote liés à l'ammonium en océan Atlantique

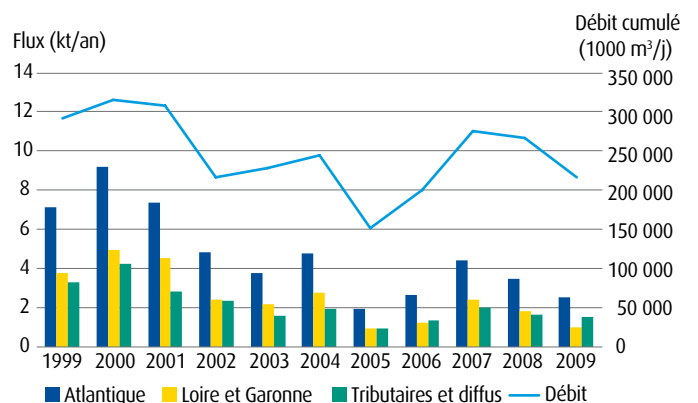


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Évolution des flux de phosphore

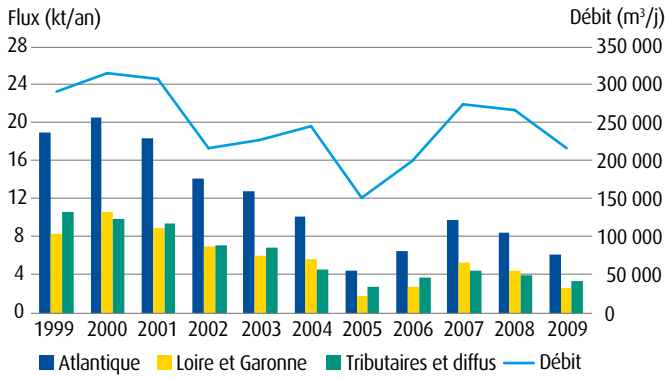
Le flux de phosphore lié aux orthophosphates représente en 2009 un peu moins de la moitié du flux de phosphore total (42 % d'un flux qui s'élève à 6 100 tonnes en estimation haute).

### Évolution des flux de phosphore liés aux orthophosphates en océan Atlantique



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Évolution des flux de phosphore total en océan Atlantique



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

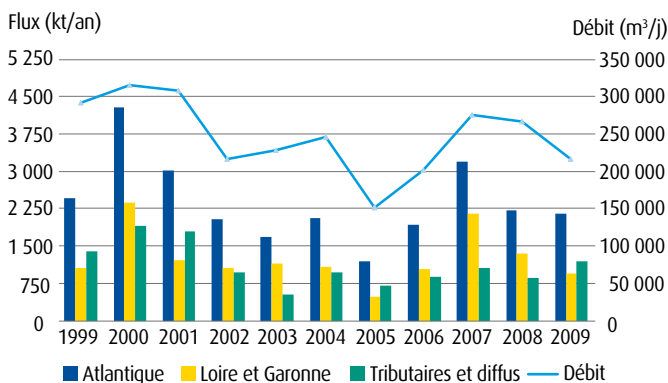
Les orthophosphates et le phosphore total suivent des évolutions similaires, liées aux débits : chute sensible et régulière entre 1999 et 2005, hausse entre 2005 et 2007, puis baisse depuis. Toutefois, le flux atteint en 2009, de l'ordre de 6 000 tonnes pour le phosphore total, est deux fois inférieur à celui de 2002 pour des débits comparables. La réduction d'utilisation d'engrais phosphatés initiée depuis les années 1980 sur la majorité des surfaces drainées de cette zone pourrait participer à cette baisse.

### Évolution des flux de matières en suspension

Les apports de matières en suspension sont directement influencés par les variations brusques des débits de certains cours d'eau. Cela explique les pics observés en 2000 et 2007, années de débit important et de crues pour la Garonne.

Le flux de matières en suspension a diminué de 30 % en 2008 après avoir triplé entre 2005 et 2007. Le débit n'a pourtant que peu diminué. En 2009, le flux se maintient au même niveau qu'en 2008 malgré une diminution du débit. La tendance montre également une baisse de 30 % environ sur l'ensemble de la période.

### Évolution des flux de matières en suspension en océan Atlantique

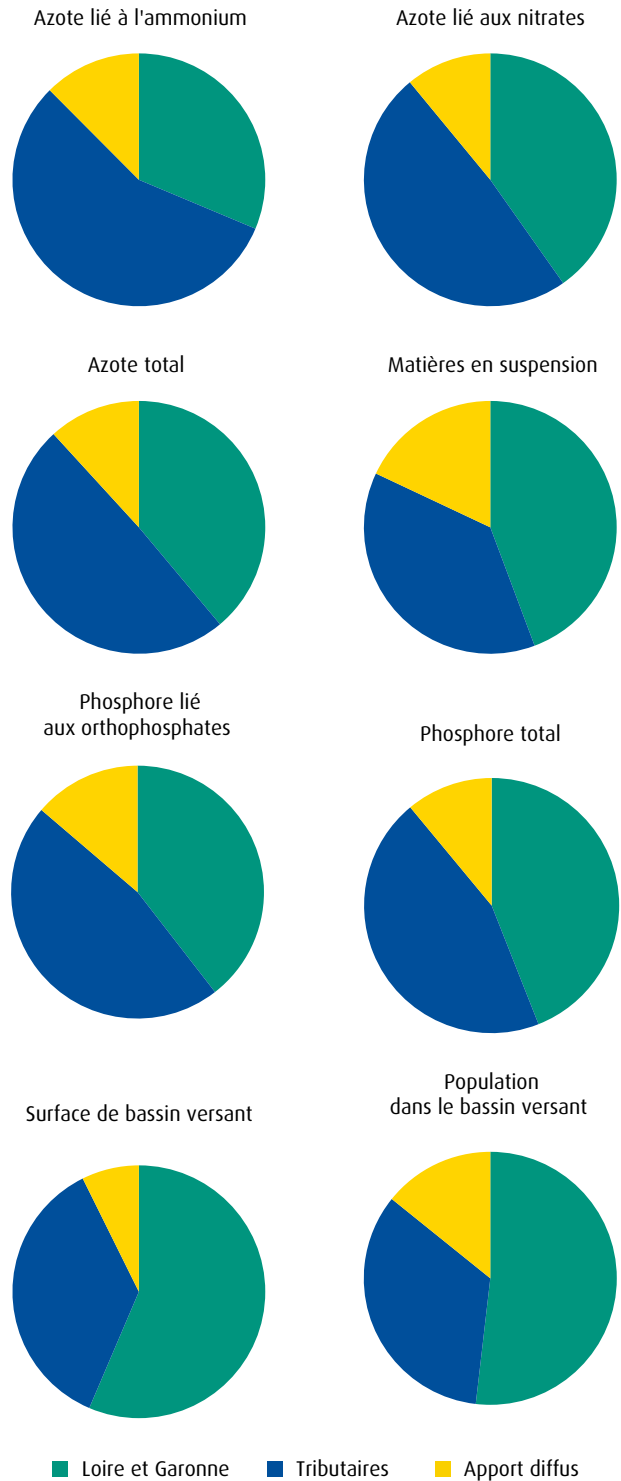


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Contribution aux flux selon les types de cours d'eau

La Loire et la Garonne, « rivières principales » de la façade atlantique, représentent à elles deux 56 % de la surface totale drainée.

### Part dans le flux total 2009 selon les types de cours d'eau sur la façade atlantique



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

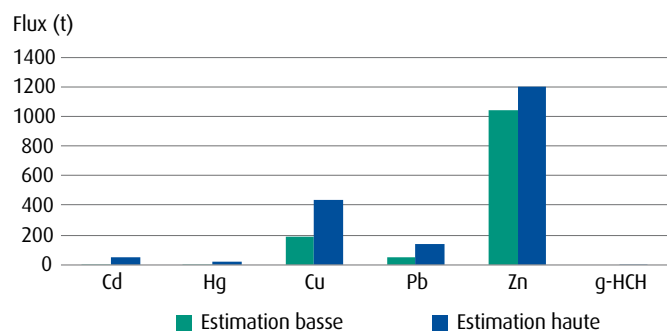
Sur l'année 2009, les « tributaires » et les zones d'apport diffus contribuent aux différents flux en proportion un peu plus que les surfaces qu'ils drainent. Ainsi les « rivières principales » véhiculent entre 31 et 40 % des flux azotés (pour l'azote lié à l'ammonium et aux nitrates respectivement) et 40 à 44 % du flux de phosphore (pour le phosphore lié aux orthophosphates et le phosphore total respectivement). Pour les matières en suspension, les flux des « rivières principales » représentent 44 % du flux total, et ceux des « tributaires » 38 %.

La contribution aux flux des « rivières principales » est toutefois en diminution, de 10 à 20 % entre 2007 et 2009, par rapport à celles des cours d'eau « tributaires » et des « apports diffus » pour l'ensemble des macro-polluants étudiés.

### Contribution aux flux des métaux et du lindane selon les types de cours d'eau

Les flux des même cinq éléments-traces-métalliques (cuivre, zinc, plomb, mercure, cadmium) et du lindane (g-HCH) sont mesurés sur la façade atlantique. Le lindane est un composé de synthèse du benzène et du chlore. Il a principalement été utilisé dans les domaines agricole et viticole pour ses propriétés insecticides avant son interdiction en France en 1998 en raison de sa toxicité.

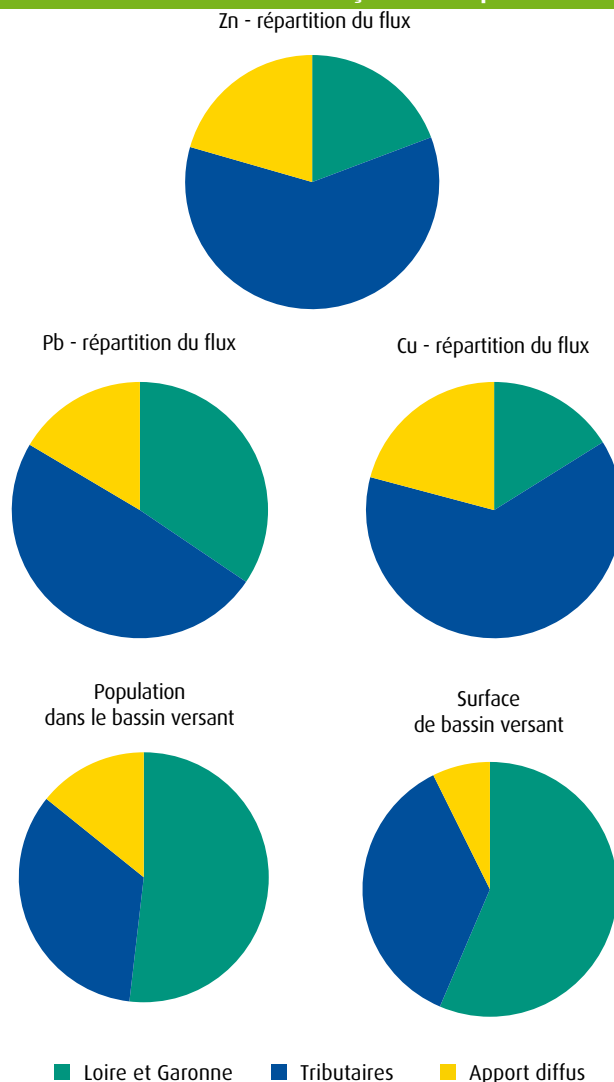
#### Flux des métaux et du lindane en 2009 sur la façade atlantique



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Pour le lindane, le mercure, le cadmium et dans une moindre mesure le plomb, l'estimation basse « lower » est proche de zéro. Ainsi, selon les analyses réalisées en 2009, le flux de lindane sur la façade atlantique n'excéderait pas 141 kg, celui du mercure 12 tonnes, et celui du cadmium 40 tonnes. Le flux de plomb serait compris entre 42 et 127 tonnes. Le flux de cuivre sur la façade atlantique en 2009 serait compris entre 178,5 et 427 tonnes. En revanche pour le cuivre, le faible écart entre les estimations haute et basse délimite plus précisément la valeur réelle du flux. Ainsi le flux de cuivre se situe en 2009 entre 1 030 et 1 184 tonnes.

#### Part dans le flux de métaux et lindane en 2009 selon les types de cours d'eau sur la façade atlantique



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Les parts de chaque type de cours d'eau dans le flux total ne sont pas proportionnelles aux surfaces de bassin versant ni même aux populations y résidant. Les « rivières principales » drainent 34 % du flux de plomb pour 57 % de la surface de la façade et 52 % de la population, les zones « tributaires » drainent 50 % de ce flux pour 34 % de la population et les zones « d'apport diffus » 16 % du flux de plomb pour une population de 14 %.

Le bassin versant des « rivières principales » ne draine que 16 et 19 % des flux de cuivre et de zinc respectivement pour 57 % de la surface. Alors que les zones « d'apport diffus » véhiculent 21 % des flux de cuivre et de zinc pour une surface de bassin versant de 7 %. Ainsi, le bassin versant des « tributaires » est le principal contributeur aux flux de cuivre et de zinc par rapport à sa surface. Il représente 36 % de la surface drainée et contribue à hauteur de 63 % du flux de cuivre et 60 % du flux de zinc.

Parmi ces « tributaires », trois zones contribuent majoritairement aux flux de l'ensemble des éléments-traces mesurés : la Dordogne, l'Adour et Gaves-réunis. Ceux-ci véhiculent à hauteur de 70 % du flux de zinc des « tributaires » et à plus de 60 % des flux de cuivre et de plomb.

La prépondérance des flux métalliques dans ces trois zones est probablement multifactorielle et s'explique différemment pour chacun des éléments-traces. Ces zones présentent un sol plutôt acide, facteur qui augmente la solubilité des éléments traces dans la solution du sol et donc leur mobilité dans les eaux superficielles. Les données du Groupement d'intérêt scientifique du sol (Gissol) mettent également en évidence des anomalies pour le zinc qui correspondent partiellement aux zones de tributaires identifiées comme principales contributrices aux flux de zinc. Une première zone est localisée dans le nord du Languedoc-Roussillon, l'Aveyron, le sud de l'Auvergne et du Limousin, d'autre part dans la région Poitou-Charentes, et également dans l'extrême sud-ouest des Hautes-Pyrénées et le sud-est des Pyrénées-Atlantiques. Corrélées à une pluviométrie élevée dans ces régions, ces caractéristiques pourraient contribuer à expliquer les flux particulièrement élevés de zinc observés cette année.

### À retenir

Le flux d'azote sur la façade atlantique s'élève à 321 900 tonnes et celui du phosphore à 6 100 tonnes en estimation haute.

Comme en Manche – mer du Nord, les rejets de phosphore ont largement diminué (de moitié) alors que les flux azotés n'amorcent qu'une légère baisse, surtout liée à l'ammonium.

Les « tributaires » contribuent au moins autant que les « rivières principales » aux flux azotés et phosphorés et ce, malgré une surface drainée moins importante (36 % contre 57 %). Ils sont même prépondérants dans les flux de cuivre et de zinc en 2009.

## Apports fluviaux à la Méditerranée

La surface des territoires drainés par les cours d'eau se rejetant en Méditerranée est de 128 758 km<sup>2</sup> sur le continent, dont 97 255 km<sup>2</sup> pour le Rhône, et de 8 779 km<sup>2</sup> pour la Corse. Près de 14 millions de personnes vivent dans le bassin versant de cette façade. Le Rhône est considéré comme la seule « rivière principale » de cette zone.

La disponibilité des données ne permet pas de couvrir cette façade dans sa totalité. Néanmoins 95 % de la surface drainée est pris en compte à partir de 1998, sauf pour le phosphore où la chronique démarre en 2000 (faute de données sur la Corse avant cette date).

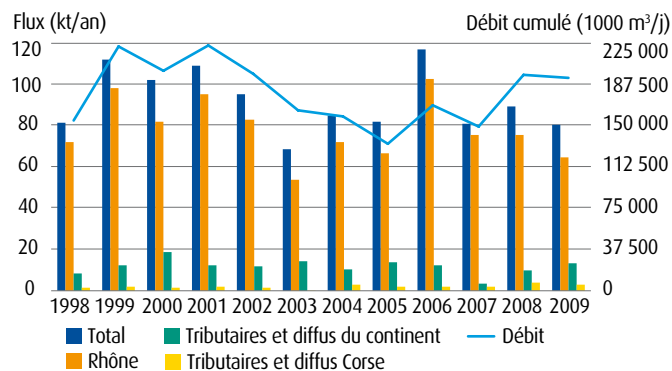
### Évolution des flux d'azote

#### Évolution des flux d'azote liés aux nitrates

Le flux d'azote lié aux nitrates sur la façade méditerranéenne est plutôt stable, de l'ordre de 80 à 100 000 tonnes par an. Les fluctuations interannuelles sont par contre moins corrélées aux débits qu'elles ne pouvaient l'être sur les autres façades maritimes (seulement un tiers sont explicables par les variations relevées sur les débits).

L'apport du Rhône est prépondérant, entre 80 et 90 % du flux total, alors qu'il draine 75 % de la surface totale considérée. Plus de 40 % de son bassin versant est effectivement dédié aux activités agricoles : plus de 37 000 km<sup>2</sup> selon CORINE Land Cover soit 77 % de l'ensemble des surfaces agricoles drainées sur cette façade. Les flux liés aux nitrates de la Corse sont certes quasi négligeables mais sont en légère augmentation.

#### Évolution des flux d'azote liés aux nitrates en Méditerranée



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

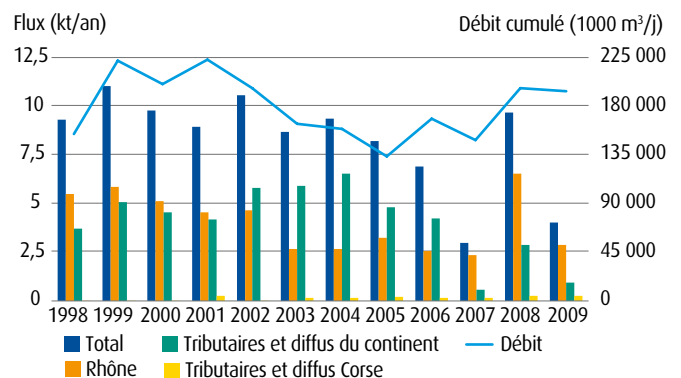
#### Évolution des flux d'azote liés à l'ammonium

Stable jusque-là, le flux d'ammonium a chuté de 70 % entre 2004 et 2007, sans proportion avec la baisse des débits. Il retrouve en 2008 un niveau comparable au début de la période étudiée, en lien avec une augmentation de débit. En 2009, les apports diminuent de nouveau malgré un débit stable par rapport à l'année précédente, pour se situer à un flux du même ordre de grandeur qu'en 2007 (3 à 4 000 tonnes). Contrairement aux nitrates et selon la période considérée, les « tributaires » et zones d'apport diffus contribuent de façon importante au flux total jusqu'en 2006. La surface drainée est pourtant bien moins importante (25 % seulement). Mais la densité de population y est

deux fois plus forte : 171 contre 85 habitants/km<sup>2</sup>. À partir de 2007, les proportions se rééquilibrent : l'apport du Rhône au flux total devient prépondérant (entre 70 et 80 %) par rapport à celui des tributaires.

Les flux d'azote liés à l'ammonium restent toutefois plus de dix fois moins importants que ceux dus aux nitrates.

#### Évolution des flux d'azote liés à l'ammonium en Méditerranée



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

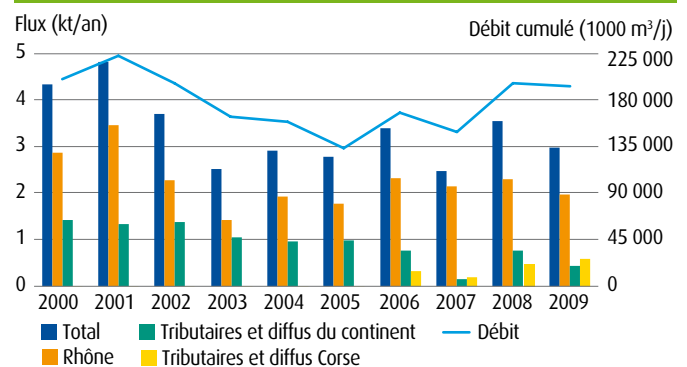
#### Évolution des flux de phosphore

L'évolution des flux phosphorés en Méditerranée est comparable à celle observée pour la façade atlantique : une baisse sensible jusqu'en 2005 suivie d'une hausse jusqu'en 2008. En 2009, le flux de phosphore total diminue de 40 % par rapport à 2008 malgré des débits similaires. Néanmoins, ces évolutions sont là aussi très liées aux débits. 75 % des variations de flux sont explicables par celles des débits. Par ailleurs, près des trois quarts du flux proviennent du Rhône.

Le flux de phosphore total présente par ailleurs une évolution différente de celui lié aux orthophosphates, illustrée par les flux de l'année 2007.

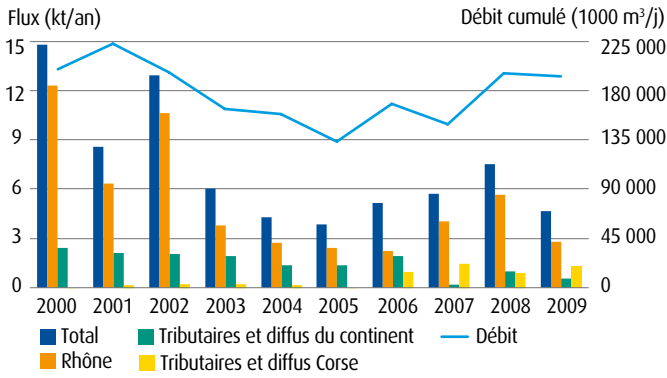
Les flux provenant des « tributaires » et zones d'apport diffus du continent sont en baisse sur la période, que ce soit pour le phosphore total ou les orthophosphates, alors que ceux provenant de la Corse ont tendance à augmenter depuis 2005. Le doublement du flux de phosphore total du Rhône entre 2006 et 2008 n'a apparemment pas pour origine les orthophosphates puisque sur ces trois années, le flux est plutôt stable (de l'ordre de 2 300 tonnes).

#### Évolution des flux de phosphore liés aux orthophosphates en Méditerranée



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Évolution des flux de phosphore total en Méditerranée

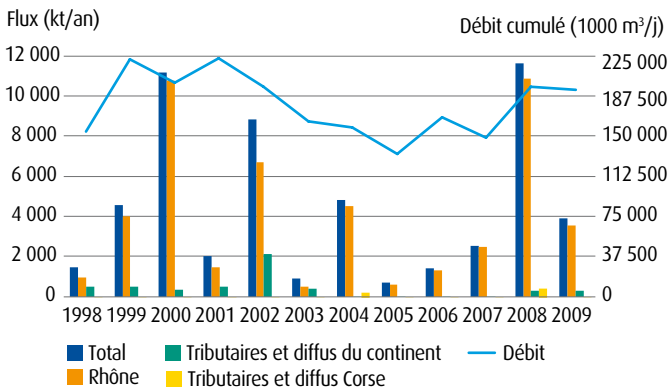


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Évolution des flux de matières en suspension

La quasi-totalité du flux en matières en suspension est due au Rhône. L'évolution des apports est en dents de scie, avec des pics ponctuels, notamment en 2008 où le débit moyen du Rhône est plus important, retrouvant les niveaux des années 2000 et 2002.

### Évolution des flux de matières en suspension en Méditerranée

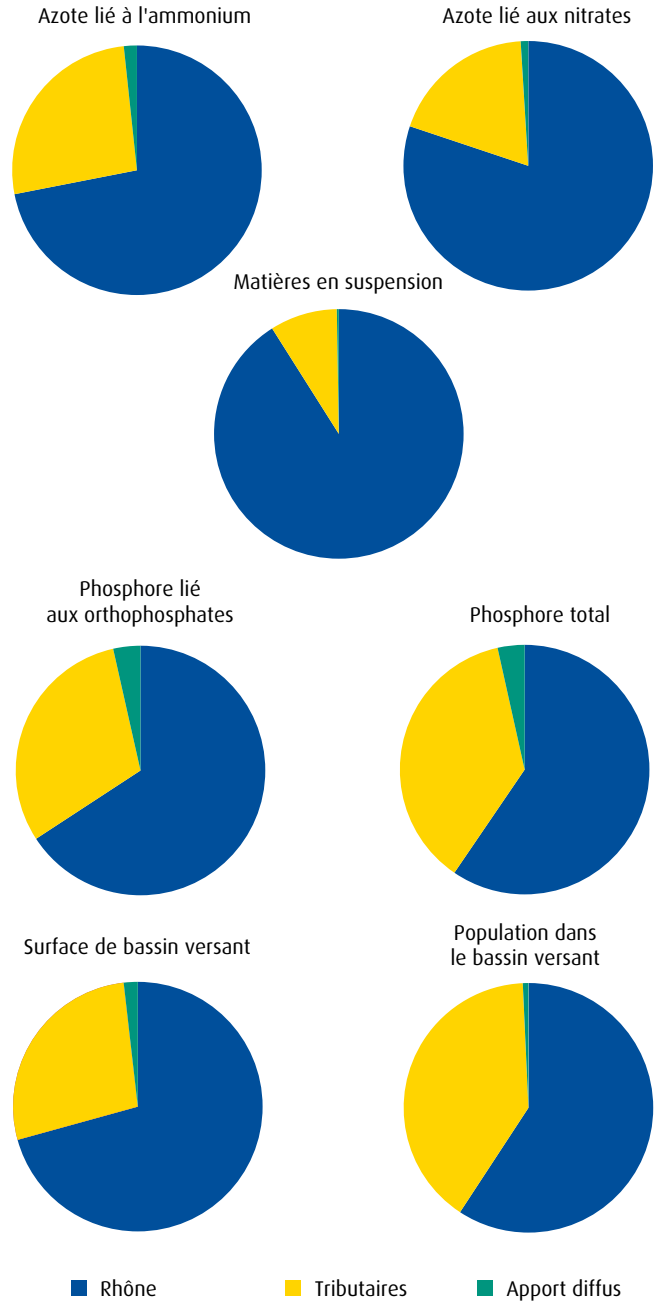


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Contribution aux flux selon les types de cours d'eau

Le Rhône représente à lui-seul 75 % de la surface drainée.

### Contribution aux flux 2009 selon les types de cours d'eau sur la façade méditerranéenne



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Le Rhône contribue au flux d'azote dans des proportions comparables à celles de la surface de son bassin versant : 70 à 80 %. Par contre, il est prépondérant dans le flux de matières en suspension (90 %).

Pour les apports liés au phosphore, la part du Rhône est plutôt conforme à la distribution de la population sur cette façade : il ne représente « que » 60 % du flux total. Par contre, la Corse véhicule à elle seule plus de 20 % des flux de phosphore (20 % pour les orthophosphates et 28 % pour le phosphore total). La surface de son bassin versant ne représente pourtant que 6 % de la surface totale contribuant aux flux en Méditerranée.

### À retenir

Sur la façade méditerranéenne, les flux d'azote liés aux nitrates sont plutôt stables depuis 1998 (entre 80 000 et 100 000 tonnes), avec une forte contribution du Rhône, proportionnelle au poids de son bassin versant. Comme sur les façades Oskar, les flux d'ammonium et de phosphore diminuent, sauf en Corse ces dernières années.

Le Rhône draine un important flux particulaire, qui est lui-même sujet à de fortes variations interannuelles.



## Comparaison des flux selon les façades

Les données de flux des macropolluants sont disponibles sur les trois façades sur la période 1999-2009. Ces trois façades présentent toutefois des caractéristiques différentes (surface, population, occupation du sol...). Afin d'étudier une éventuelle influence de celles-ci, les flux sont rapportés aux surfaces de bassin versant drainé.

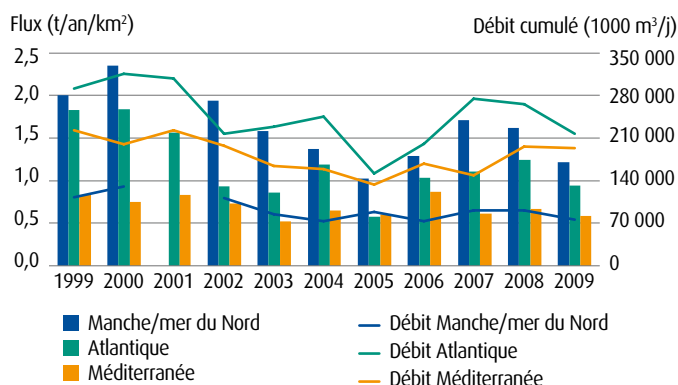
### Flux d'azote lié aux nitrates

Les flux d'azote liés aux nitrates, rapportés aux surfaces drainées, sont plus importants en Manche et mer du Nord qu'en Atlantique et Méditerranée, malgré des débits plus faibles.

La surface dédiée aux activités agricoles y est effectivement importante en proportion : 75 % sur la façade Manche – mer du Nord contre 69 % pour la façade atlantique et 38 % pour la façade méditerranéenne. Les apports par km<sup>2</sup> sont ainsi deux fois plus importants en Manche et mer du Nord qu'en Méditerranée, en raison de pratiques agricoles différentes : zones de grande culture céréalière au Nord contre des cultures plutôt maraîchères au Sud. Les épandages d'engrais sont ainsi en moyenne deux fois plus importants sur les régions drainées en Manche – mer du Nord (aux alentours de 120 kg/an en Haute-Normandie et Nord – Pas-de-Calais, voire plus en Picardie) que sur les régions alimentant les flux méditerranéens (environ 60 kg/an en Paca, Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes). La situation est plus contrastée sur la façade atlantique où des régions à « faible » épandage (60 kg/an en Pays de la Loire, Midi-Pyrénées) côtoient des régions à taux plus importants (100-120 kg/an en Poitou-Charentes et Aquitaine, et autour de 130 kg/an en région Centre)<sup>5</sup>.

Sur la période étudiée 1999-2009, le flux rapporté aux surfaces est plutôt stable sur la façade méditerranéenne. Sur la façade Manche – mer du Nord, il diminue jusqu'en 2005, puis amorce une hausse jusqu'en 2008 pour diminuer de nouveau en 2009, en lien avec les variations de débit. Le flux rapporté aux surfaces sur la façade atlantique suit la même tendance.

### Comparaison des flux d'azote liés aux nitrates rapportés aux surfaces



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro – Traitements RTrend et SOeS, 2010.

<sup>5</sup> Source : Unifa.

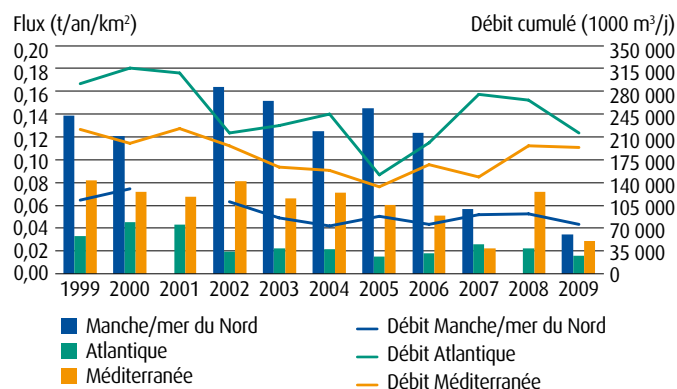
### Flux d'azote lié à l'ammonium

Les flux d'azote liés à l'ammonium, rapportés aux surfaces drainées, sont plus importants en Manche et mer du Nord, et ce malgré des débits plus faibles. En effet, ce polluant est plutôt d'origine urbaine et cette façade reçoit les apports de territoires abritant le tiers de la population métropolitaine. La densité moyenne est en effet de 169 habitants/km<sup>2</sup> sur la façade Manche – mer du Nord contre 65 pour la façade atlantique et 100 pour la façade méditerranéenne. La tendance pour le flux lié à l'ammonium est à la baisse depuis 2005.

À l'inverse, les flux surfaciques les moins importants sont relevés sur la façade atlantique. Les débits sont pourtant les plus forts des trois façades considérées, mais la densité la plus faible. Les apports d'ammonium y sont stables depuis 2002.

Sur la façade méditerranéenne, malgré un pic en 2008, le flux semble amorcer une baisse depuis 2004-2005.

### Comparaison des flux d'azote liés à l'ammonium rapportés aux surfaces

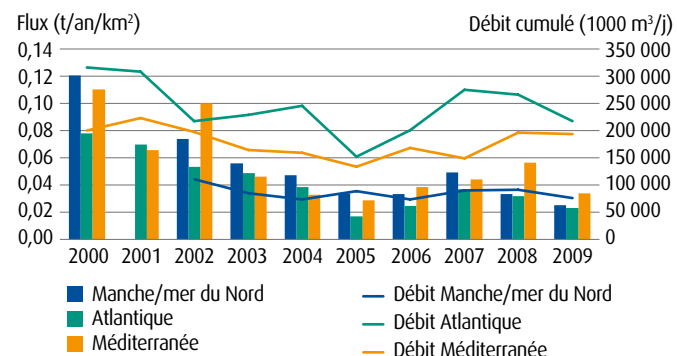


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro – Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Flux de phosphore

Les flux de phosphore rapportés aux surfaces sont assez proches en ordre de grandeur sur les trois façades. Ils sont globalement en baisse sur la période 2000-2009. Ils semblent néanmoins de nouveau progresser entre 2005 et 2008, en lien avec l'évolution des débits.

### Comparaison des flux de phosphore total rapportés aux surfaces

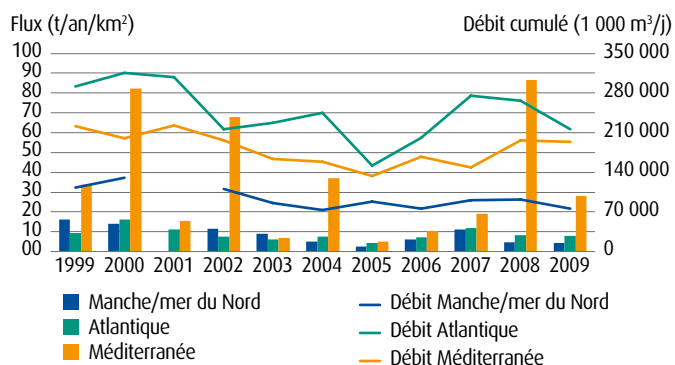


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro – Traitements RTrend et SOeS, 2010.

## Flux de matières en suspension

Les flux de matières en suspension, rapportés aux surfaces, sont nettement plus importants en Méditerranée, avec de fortes fluctuations interannuelles. Les matières en suspension sont une source d'apport de polluants fixés sous leur forme particulaire, qui ne sont pas pris en compte dans ce rapport (celui-ci ne portant que sur les polluants dissous).

### Comparaison des flux de matières en suspension rapportés aux surfaces



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### À retenir

Les flux d'azote liés aux nitrates ou à l'ammonium sont plus importants en proportion sur la façade Manche - mer du Nord que sur les deux autres, atlantique et Méditerranée, malgré des débits plus faibles. Cette façade est en effet à la fois densément peuplée et agricole. Les flux de phosphore ramenés aux surfaces drainées sont par contre comparables et en baisse depuis 2000. La façade méditerranéenne est caractérisée par un important et irrégulier flux particulaire.

## Comparaison des flux des « rivières principales »

L'étude des flux sur chaque façade a montré la prépondérance des « rivières principales », qui représentent bien souvent la majorité du flux total.

Par ailleurs, une étude centrée sur les seules « rivières principales » Seine, Loire, Garonne et Rhône permet de disposer d'un historique plus important avec des données dès 1990 dans la plupart des cas.

Ces « rivières principales » sont toutefois différentes. La Garonne a le plus petit bassin versant (38 227 km<sup>2</sup>), à l'opposé la Loire le plus grand (110 178 km<sup>2</sup>). Les densités de population y sont par contre comparables, environ 60 habitants/km<sup>2</sup> ainsi que la part dédiée aux activités agricoles (deux tiers environ). La Seine a le bassin versant le plus densément peuplé avec 215 habitants/km<sup>2</sup> sur 64 953 km<sup>2</sup> et agricole. Le Rhône est à mi-chemin : 85 habitants/km<sup>2</sup> sur 97 255 km<sup>2</sup>. Les activités agricoles y sont par contre minoritaires.

### Flux d'azote lié aux nitrates

Les flux d'azote liés aux nitrates du Rhône et de la Garonne sont globalement stables sur la période 1990-2009 et inférieurs bien souvent à ceux de la Loire et de la Seine. Les fluctuations interannuelles restent très liées aux débits, ces quatre fleuves présentant par exemple une baisse des flux d'azote liés aux nitrates en 2005 (année de très faible pluviométrie).

En quantité, ils sont comparables ces dernières années pour la Loire, la Seine et le Rhône. La Loire est pourtant dotée d'un bassin versant plus étendu et surtout plus agricole : 75 % de sa surface contre 68 % pour la Seine et 38 % pour le Rhône.

La Seine est le fleuve où l'apport par km<sup>2</sup> drainé est le plus important, suivi de près par la Garonne.

Sur la période 1995-2005, seule la Loire atteint une réduction de moitié des flux polluants, le Rhône diminuant de 30 % et la Garonne de 15 %. Sur cette même période, les apports de la Seine sont plutôt stables voire en légère augmentation.

### Flux d'azote lié à l'ammonium

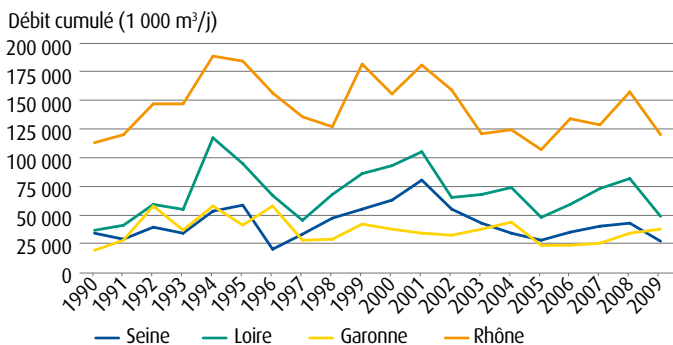
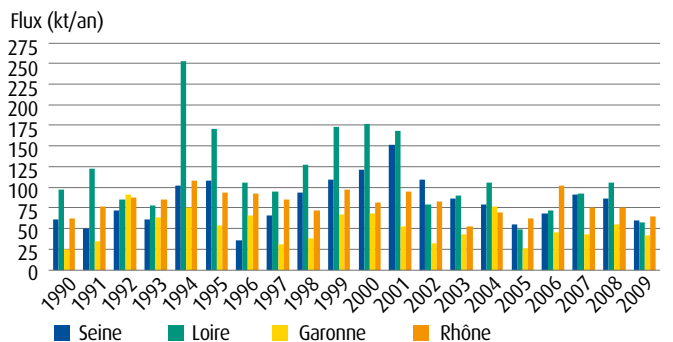
Pour ce polluant plutôt d'origine urbaine, la Seine est le plus fort contributeur des quatre fleuves, malgré des débits inférieurs à ceux de la Loire et du Rhône. Jusqu'en 2006, elle draine au minimum autant que l'ensemble des trois autres fleuves et en moyenne deux fois plus. Son bassin versant concentre en effet 1,5 fois plus d'habitants que le Rhône et 2 fois plus que la Loire. Ces trois dernières années, la contribution de la Seine est plus proche de celle du Rhône.

Les apports sont globalement en baisse : diminution de plus de 80 % sur la période pour la Seine, et de près de 70 % pour la Loire et la Garonne. La tendance sur le Rhône est moins marquée en raison des données 2008 (mesure corrélée à de forts débits en octobre). Sur la période 1995-2005, la Seine est toutefois le seul fleuve à ne pas atteindre la réduction de moitié des apports pour l'ammonium.

Cette baisse globale sur l'ensemble de la période est imputable en grande partie à l'amélioration des performances des stations d'épuration.

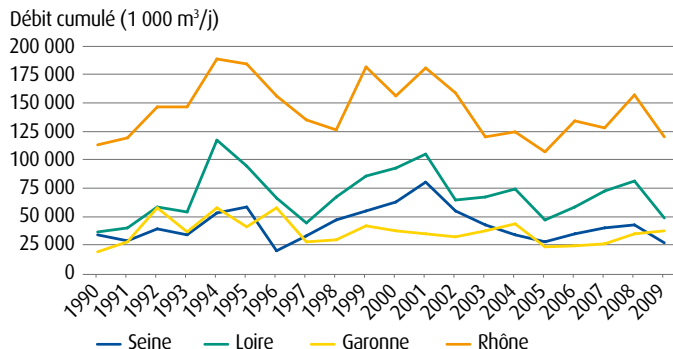
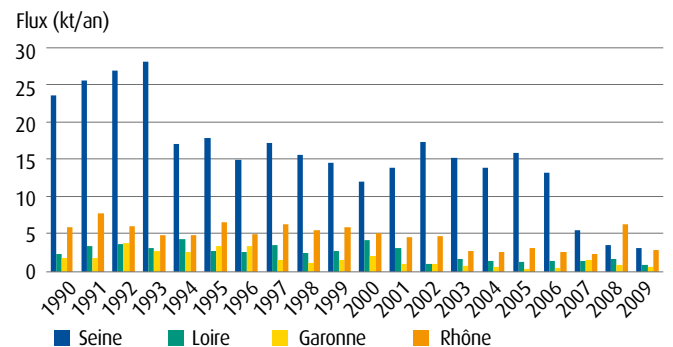
Les apports d'azote liés à l'ammonium restent toutefois largement minoritaires comparés à ceux des nitrates.

Comparaison des flux d'azote liés aux nitrates des « rivières principales »



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Comparaison des flux d'azote liés à l'ammonium des « rivières principales »

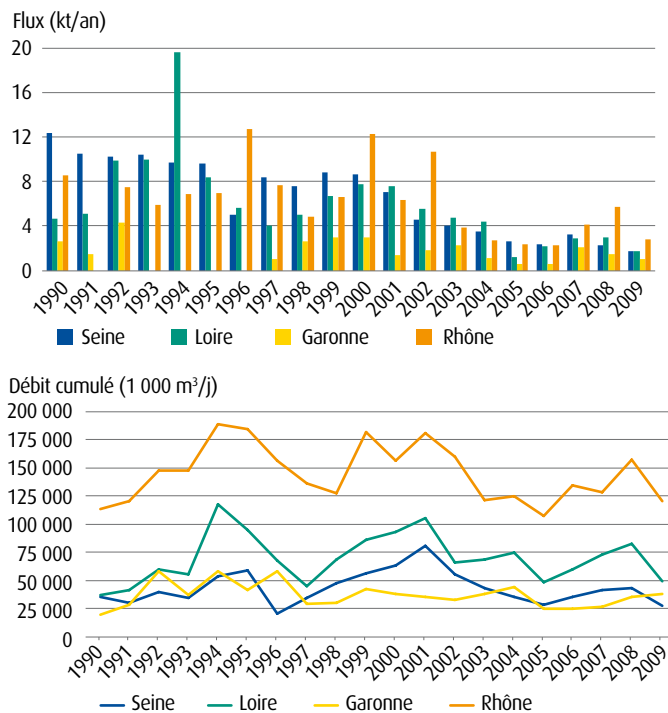


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

## Flux de phosphore

Sur l'ensemble de la période, les flux de phosphore sont en baisse sur la totalité des « rivières principales ». Sur la période 1995-2005, les flux ont tous diminué de moitié. Comme pour l'ammonium, cette amélioration est due en grande partie aux rénovations des stations d'épuration mais aussi au moindre recours aux engrais phosphatés, dont l'usage a diminué de plus de moitié depuis 1990. On assiste cependant depuis 2005 à une stabilisation voire à une nouvelle augmentation des flux en phosphore, plus marquée pour le Rhône.

### Comparaison des flux de phosphore total des « rivières principales »

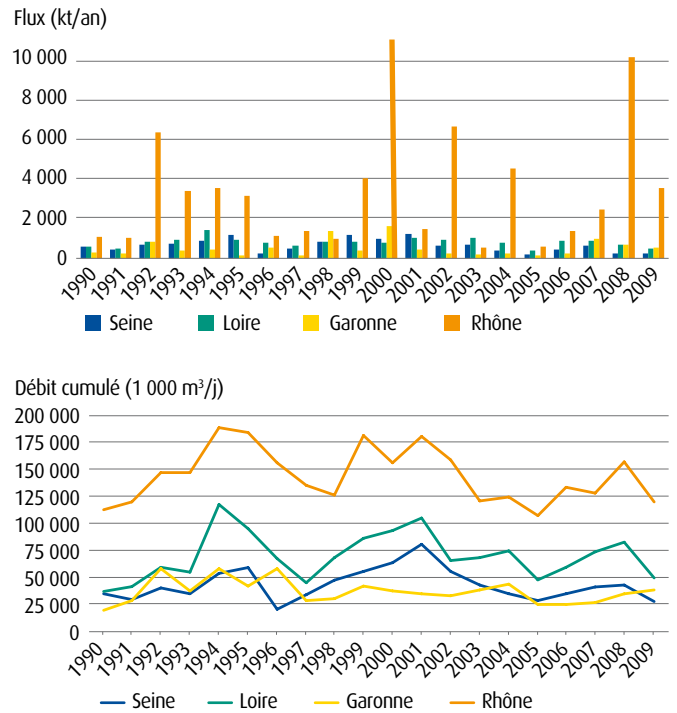


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

## Flux de matières en suspension

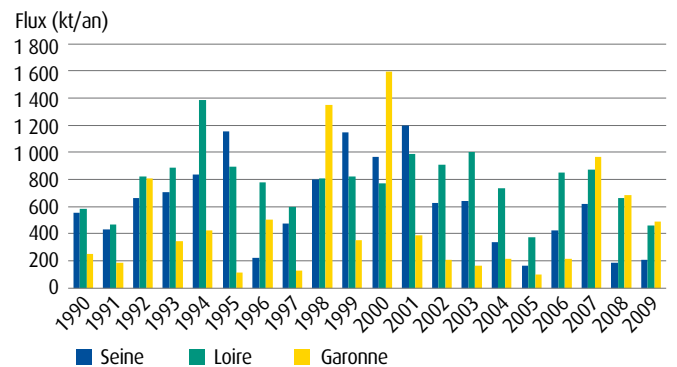
Le Rhône draine un important flux particulière : les apports peuvent atteindre les 10 millions de tonnes de matières en suspension comme en 2008 soit près de 10 fois plus que chacun des trois autres fleuves.

### Comparaison des flux de matières en suspension des « rivières principales »



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Comparaison des flux de matières en suspension des « rivières principales », Rhône excepté



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Les fluctuations interannuelles sont telles qu'aucune tendance notable ne se dégage pour ces quatre fleuves.

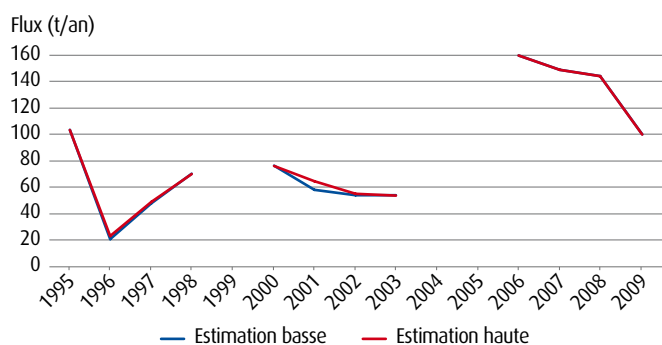
## Flux de métaux sur la Seine

L'évaluation des flux de métaux se heurte à une double difficulté : un suivi non systématique et des analyses non quantifiées. Concernant les analyses non quantifiées, la commission Oskar propose de calculer les flux de deux façons : soit en considérant ces analyses comme

nulles, estimation basse, soit en considérant ces analyses comme égales à ces limites, estimation haute. Le flux réel se situe alors entre ces deux estimations. Mais l'effet conjugué de fortes limites de quantification et d'une proportion importante d'analyses non quantifiées rend l'exploitation de ces flux difficiles.

Parmi ces quatre « rivières principales » la Seine est celle pour laquelle on dispose du plus grand nombre de données. Malgré tout, la chronique est incomplète. De plus, de fortes limites de quantification rendent parfois impossible toute interprétation pour une année donnée. De ce fait, la période d'étude est restreinte à 1995-2009, voire 1995-2007 pour le cadmium et le mercure.

### Flux de zinc de la Seine

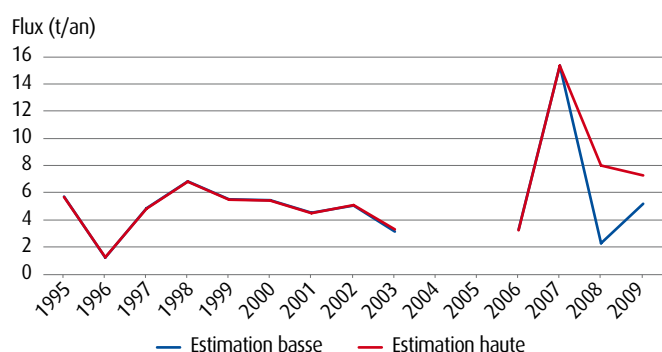


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

La totalité des analyses de zinc est quantifiée, les estimations basses ou hautes sont quasi-égales chaque année.

Les années manquantes rendent difficile l'exploitation des données. Néanmoins, on distingue une première période de hausse, de 1995 à 2006, suivie d'une baisse ces trois dernières années, plus marquée en 2009 probablement en lien avec un débit plus faible. Cependant le flux 2009 reste supérieur à la valeur moyenne sur la période (près de 80 tonnes).

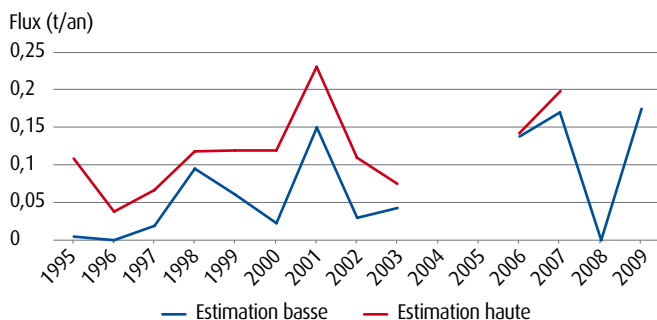
### Flux de plomb de la Seine



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

La quasi-totalité des analyses de plomb est quantifiée sur toute la période, sauf les deux dernières années. Le flux semble plutôt stable de 1997 à 2003, de l'ordre de 5 tonnes en moyenne chaque année. En 2007, le flux présente un pic et atteint plus de 15 tonnes, les deux années suivantes le flux diminue nettement sans toutefois retrouver la moyenne des années précédentes.

### Flux de mercure de la Seine

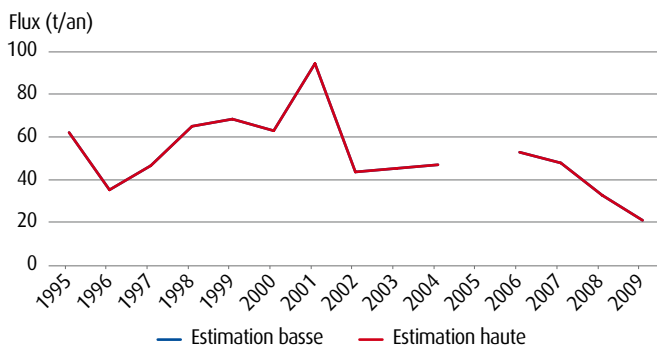


Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Les données des années 2008 et 2009 sont inexploitable en raison de limites de quantification trop élevées. Par ailleurs, les analyses de mercure sont rarement quantifiées.

Néanmoins, l'estimation basse du flux montre une tendance à la hausse depuis 1995. De quasiment nul, le flux est passé à 137 kg en 2006 et 90 kg en 2007.

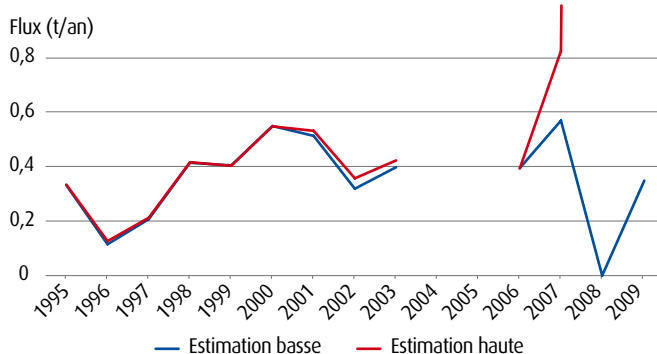
### Flux de cuivre de la Seine



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Les analyses du cuivre sont toutes quantifiées. Après avoir été relativement stable, le flux de cuivre de la Seine diminue ces quatre dernières années, passant de 50 à 21 tonnes.

### Flux de cadmium de la Seine



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

Les analyses de cadmium sont majoritairement quantifiées sur la période, les deux dernières années ayant été écartées en raison de limites trop élevées. Comme pour le mercure, la tendance est plutôt à la hausse pour ce métal lourd, le flux ayant quasiment doublé depuis 1995 pour s'établir en 2007 à un peu plus de 600 kg.

### Flux de cuivre et zinc sur les rivières principales en 2009

Le Rhône est le plus fort contributeur aux flux de zinc et de cuivre. Ce fleuve possède le débit le plus important des quatre « rivières principales », mais la surface de son bassin versant est de taille intermédiaire. La présence de plusieurs grandes stations d'épuration (Lyon) et d'industries de chimie sur cette zone pourrait expliquer la contribution prépondérante de cette « rivière principale » dans le flux de zinc.

Les apports de zinc et de cuivre de la Seine et de la Garonne sont d'ordre de grandeur comparable. Pourtant, la surface de bassin versant de la Seine est presque le double de celle de la Garonne et la densité de population plus de trois fois supérieures. Ainsi la Garonne est le plus fort contributeur des « rivières principales » au flux de zinc (32 %) par rapport à sa surface de bassin versant (12 %). La Loire est le fleuve où l'apport en zinc et en cuivre est le plus faible (7 et 17 % respectivement), par rapport à sa surface de bassin versant.

### À retenir

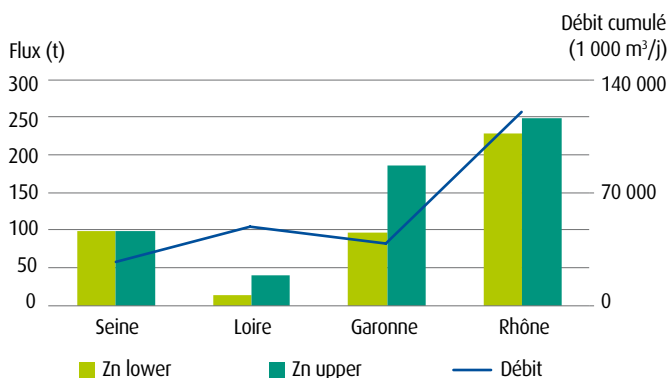
L'étude des flux des « rivières principales » montre que la Seine est le plus gros contributeur en flux azoté par rapport à la surface de son bassin versant. Par ailleurs, c'est le seul fleuve dont le flux de nitrates ne montre aucune diminution sur la période 1995-2005.

Les flux de phosphore sont à la baisse pour ces quatre grands fleuves, notamment de moitié et plus sur la période 1995-2005.

Le flux particulaire du Rhône est particulièrement important et peut conduire à une sous-estimation, non négligeable, mais difficilement quantifiable, des flux de polluants en ne considérant que leur fraction dissoute.

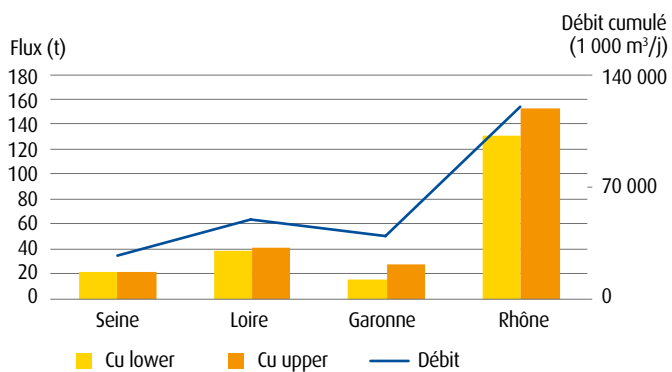
La Seine est le seul fleuve pour lequel on dispose de chroniques longues et exploitables sur les métaux. Elles mettent en évidence une augmentation, depuis 1995, des flux de cadmium et de mercure et une relative stabilité des autres métaux étudiés (zinc, cuivre et plomb). Le Rhône est toutefois le plus gros contributeur en zinc et cuivre en 2009.

### Comparaison des flux de zinc des « rivières principales » en 2009



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

### Comparaison des flux de cuivre des « rivières principales » en 2009



Source : agences de l'Eau-Schapi, banque Hydro - Traitements RTrend et SOeS, 2010.

## Conclusion

La disponibilité des données, en particulier des données de qualité des eaux, limite l'évaluation annuelle des flux polluants et ne permet de disposer que de chroniques écourtées. Néanmoins, aux réserves près émises sur la méthodologie, on peut constater que les apports phosphorés diminuent de plus de 50 % sur toutes les façades au cours de la période 1999-2009.

Ces réductions ont été obtenues grâce à l'amélioration des traitements des stations d'épuration et à un moindre recours aux engrais phosphatés.

Le constat n'est malheureusement pas le même pour l'azote, dont le flux est globalement stable sur l'ensemble de la période.

De ce fait, les épisodes d'eutrophisation (avec marées vertes) continuent d'être observés en France sur les plages bretonnes, dans le bassin d'Arcachon ou dans certaines lagunes méditerranéennes<sup>6</sup>. La mise en œuvre des programmes de surveillance de la directive-cadre sur l'eau ainsi que la mise en place de la directive-cadre stratégie marine devraient permettre d'améliorer le suivi dans les années à venir.

<sup>6</sup> Source [http://wwz.ifremer.fr/envlit/documents/dossiers/l\\_eutrophisation\\_littorale/version\\_francaise/formes](http://wwz.ifremer.fr/envlit/documents/dossiers/l_eutrophisation_littorale/version_francaise/formes)

## Glossaire

**Limite de détection** : correspond à la plus petite concentration qui peut être détectée (mais pas quantifiée) avec une incertitude jugée acceptable.

**Limite de quantification** : correspond à la plus petite concentration qui peut être détectée et mesurée avec une incertitude acceptable. On considère généralement que la limite de quantification vaut 3 fois la limite de détection. En pratique, les laboratoires français ne font pas systématiquement la distinction entre détection et quantification et ne transmettent généralement que les limites de quantification.

« **Rivière principale** » ou « **main river** » : cours d'eau vecteur d'une charge majeure.

« **Cours d'eau secondaire** » ou « **tributaire** » : fleuve dont le bassin hydrographique est différent d'un fleuve principal et qui s'écoule directement dans la zone maritime ou dans un fleuve principal situé en aval d'un point où s'exerce une surveillance continue fluviale. Les cours d'eau secondaires sont vecteurs de charges plus faibles.

**Apport diffus** : zone d'apport sans cours d'eau prépondérant.

## Bibliographie

- Commission Oskar, 1998. « Principes de l'étude exhaustive des apports fluviaux et des rejets directs (RID) : révisé en 2005 et mise à jour en 2006 et 2007 » (*Numéro de référence 1998-05*). Londres : Oskar. 17p.
- Quo Data, 2004. « RTrend: Program for the statistical analysis of riverine loads ». (*Quick steps and Documentation*). Dresden-Lan. gebrück : Quo Data. 84p.
- F. Moatar *et al.*, 2008. « Évaluation des flux de MES à partir des suivis discrets, méthodes de calcul et incertitudes » (*présenté lors du séminaire « Transports solides et gestion des sédiments en milieux naturels et urbains » organisé par la Société hydrotechnique de France les 28 et 29 novembre 2007 à Lyon*), *La Houille blanche*, n°4, août 2008. pp. 64-71
- Portail des agences de l'eau : <http://www.lesagencesdeleau.fr>
- Portail de la banque de données hydrologiques : <http://www.hydro.eaufrance.fr>
- Site de la commission Oskar : <http://www.ospar.org>
- PNUE/Pam/Medpol : Programme Medpol (*composante d'évaluation et de maîtrise de la pollution marine du Plan d'action pour la Méditerranée*) : <http://www.unepmap.org>
- Système d'information des sols de France Gissol-Inra : <http://www.gissol.fr/index.php>



## Annexes

### Annexe I : découpage géographique dans le cadre d'Ospar

Le tableau suivant présente les caractéristiques des 51 zones définies pour la convention Ospar.

Région Ospar	Sous-région Ospar	Sous-sous région Ospar	Nom de la zone	Typologie de la zone	Surface (en km <sup>2</sup> )
Ospar II	Artois – Picardie	Pas-de-Calais	II-AP-PC-Aa	Apport diffus	2 308
		Somme	II-AP-SO-Canche	Tributaire	3 895
			II-AP-SO-Somme	Tributaire	5 916
	Seine – Normandie	Normandie	II-SN-NO-Bethune	Tributaire	2 153
			II-SN-NO-Saane	Tributaire	1 718
		Seine	II-SN-SE-SEINE	Main River	64 953
			II-SN-SE-Andelle	Tributaire	789
			II-SN-SE-Eure	Tributaire	6 023
			II-SN-SE-H7	Apport diffus	2 439
			II-SN-SE-Risle	Tributaire	2 545
		Nord Cotentin	II-SN-NC-Dives	Tributaire	1 815
			II-SN-NC-Douve	Tributaire	1 474
			II-SN-NC-Orne	Tributaire	2 976
			II-SN-NC-Seulles	Tributaire	547
			II-SN-NC-Touques	Tributaire	1 311
		Sud Cotentin	II-SN-NC-Vire	Tributaire	2 077
			II-SN-SC-I6	Apport diffus	1 302
			II-SN-SC-Selune	Tributaire	1 623
	Loire – Bretagne	Nord Bretagne	II-LB-NB-Aulne	Tributaire	4 312
			II-LB-NB-Couesnon	Tributaire	2 848
II-LB-NB-J1J2			Apport diffus	4 961	
Ospar IV	Loire – Bretagne	Sud Bretagne	IV-LB-SB-Blavet	Tributaire	4 649
			IV-LB-SB-J4	Apport diffus	2 868
			IV-LB-SB-Vilaine	Tributaire	10 144
		Loire	IV-LB-LO-Erdre	Apport diffus	3 636
			IV-LB-LO-LOIRE	Main River	110 178
			IV-LB-LO-Sevre-Nantaise	Tributaire	4 664
		Sud Loire	IV-LB-SL-Lay	Tributaire	4 522
			IV-LB-SL-Sevre-Niortaise	Tributaire	4 363
		Adour – Garonne	Charente	IV-AG-CH-Arnoult	Apport diffus
	IV-AG-CH-Boutonne			Tributaire	2 141
	IV-AG-CH-Charente			Tributaire	7 526
	IV-AG-CH-Livienne			Apport diffus	1 172
	IV-AG-CH-Seudre			Tributaire	988
	Bassin d'Arcachon		IV-AG-BA-Eyre	Tributaire	2 036
			IV-AG-BA-S1	Apport diffus	2 810
	Gironde côté Dordogne		IV-AG-GD-Dordogne	Tributaire	14 605
			IV-AG-GD-Isle	Tributaire	8 472
			IV-AG-GD-P9	Apport diffus	870
	Gironde côté Garonne		IV-AG-GG-Dropt	Tributaire	2 672
		IV-AG-GG-GARONNE	Main River	38 227	
IV-AG-GG-Lot		Tributaire	11 541		
IV-AG-GG-O9		Apport diffus	3 875		
Côte Landaise	IV-AG-CL-S3S4	Apport diffus	3 105		
Adour	IV-AG-AD-Adour	Tributaire	7 977		
	IV-AG-AD-Bidouze	Tributaire	1 041		
	IV-AG-AD-GavesReunis	Tributaire	5 504		
	IV-AG-AD-Luy	Tributaire	1 367		
	IV-AG-AD-Nive	Tributaire	1 153		
IV-AG-AD-Pays-Basque	Apport diffus	644			

Source : agences de l'Eau, IGN, ministère en charge de l'Environnement (BDCarthage, banque Hydro), traitements SOEs.

## Annexe II : découpage géographique dans le cadre de Medpol

Zone Medpol	Région Medpol	Sous-région Medpol	Nom de la zone	Typologie de la zone	Surface BV à l'exutoire (en km <sup>2</sup> )
Medpol 2	Rhône Méditerranée Corse	Pyrénées orientales	2-RMC-PO-Tech	Tributaire avec monitoring	1232
			2-RMC-PO-Tet	Tributaire avec monitoring	1467
			2-RMC-PO-Agly	Tributaire avec monitoring	1417
		Aude	2-RMC-AU-Aude	Tributaire avec monitoring	5980
			2-RMC-AU-Orb	Tributaire avec monitoring	1827
		Hérault	2-RMC-HE-Herault	Tributaire avec monitoring	2588
			2-RMC-HE-Lez	Tributaire avec monitoring récent	1500
			2-RMC-HE-Vidourle	Tributaire avec monitoring	791
			2-RMC-HE-Vistre	Tributaire avec monitoring	1673
		Delta du Rhône	2-RMC-DR-RHONE	Main River	97255
			2-RMC-DR-Arc	Tributaire avec monitoring récent	2579
			2-RMC-DR-Huveaune	Tributaire avec monitoring récent	955
		Côte d'Azur	2-RMC-CA-Gapeau	Tributaire avec monitoring	1162
			2-RMC-CA-Argens	Tributaire avec monitoring	3442
			2-RMC-CA-Siagne	Tributaire avec monitoring	1067
			2-RMC-CA-Var	Tributaire avec monitoring	3823
		Corse Ouest	2-RMC-CO-Gravonne	Tributaire sans monitoring	845
			2-RMC-CO-Taravo	Tributaire avec monitoring	580
			2-RMC-CO-Rizzanese	Tributaire avec monitoring	794
2-RMC-CO-Liamone	Tributaire avec monitoring		498		
2-RMC-CO-Y7	Apport diffus		1649		
Medpol 4	Rhône Méditerranée Corse	Corse Est	4-RMC-CE-Golo	Tributaire avec monitoring	1501
			4-RMC-CE-Tavignano	Tributaire avec monitoring récent	1426
			4-RMC-CE-FiumOrbo	Tributaire avec monitoring récent	1486

Source : agences de l'Eau, IGN, ministère en charge de l'Environnement (BDCarthage, banque Hydro), traitements SOeS.

## Annexe III : éléments d'occupation des sols

	Manche – mer du Nord	Atlantique	Méditerranée
Surface (km <sup>2</sup> )	119 120	263 041	137 537
Population (en millions d'habitants)	20,1	17,2	13,9
% d'occupation des sols en poste CORINE Land Cover 1 (zones urbaines)	4,9	2,8	3,9
% d'occupation des sols en poste CORINE Land Cover 2 (zones agricoles)	75,1	68,7	37,7
% d'occupation des sols en poste CORINE Land Cover 3 (zones de forêts)	19,0	27,3	56,2
% d'occupation des sols en poste CORINE Land Cover 4 (zones humides)	0,5	0,4	0,5
% d'occupation des sols en poste CORINE Land Cover 5 (étendues d'eau-mer)	0,5	0,5	1,1

Source : Insee, Recensement de la population 1999 – SOeS, CORINE Land Cover 2000.

## Annexe IV : méthodes de calcul des flux polluants

Les calculs de flux polluants à la mer sont effectués sous le logiciel Rtrend® fourni par la commission Oskar. Ce logiciel propose, *via* son interface de calcul conventionnel des flux, six méthodes selon la disponibilité des données.

- Méthode dite standard (« CM1 ») : si le simple flux massique est représentatif  $flux_{CM1} = \frac{364 \cdot 86400}{1000 \cdot 1000} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c(t_i) \cdot Q(t_i)$  avec  $c(t_i)$  données de concentration mesurée en mg/l et  $Q(t_i)$  donnée de débit correspondante en m<sup>3</sup>/s.

- Méthode avec correction standard des débits (« CM2 ») : en cas de mesures insuffisantes  $flux_{CM2} = flux_{CM1} \cdot \frac{\bar{Q}}{Q_M}$  avec  $\bar{Q}$  débit moyen annuel calculé sur le long terme et  $Q_M$  débit moyen de l'année considéré.

- Méthode basée sur des moyennes annuelles (CM3) : si peu de variation interannuelle  $flux_{CM3} = \frac{364 \cdot 86400}{1000 \cdot 1000} \bar{C} \cdot \bar{Q}$  avec  $\bar{C}$  moyenne des concentrations et  $\bar{Q}$  moyenne des débits journaliers.

- Méthode avec interpolation linéaire des mesures (« CM4 »)

$$flux_{CM4} = \frac{86400}{1000 \cdot 1000} \sum_{j=1}^{364} c_{lin,j} Q_j$$

- Méthode avec régression (« CM5 ») concentration/débit : si les concentrations et débits sont corrélés

$flux_{CM5} = \frac{86400}{1000 \cdot 1000} \sum_{j=1}^{364} c_Q(Q_j) \cdot Q_j$  la valeur  $c_Q(Q_j)$  étant établie par régression à partir des couples de données disponibles concentration/débit.

- Méthode avec régression (« CM6 ») flux/débit : si les apports et débits sont corrélés  $flux_{CM6} = \frac{86400}{1000 \cdot 1000} \sum_{j=1}^{364} T(Q_j)$  la valeur  $T = c(t) \cdot Q(t)$  étant établie par régression à partir des données disponibles.

**Commissariat général au développement durable**  
Service de l'observation et des statistiques  
Tour Voltaire  
92055 La Défense cedex  
Courriel : cgdd-soes-orleans@developpement-durable.gouv.fr

Dépôt légal : février 2011  
ISSN : 2102-4723  
ISBN : 978-2-11-099407-3

**Retrouver cette publication sur le site :**  
<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>

#### **Conditions générales d'utilisation**

*Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille — 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 — art. L.122-4 et L.122-5 et Code pénal art. 425).*

## Évolution des flux de polluants à la mer Synthèse des évaluations réalisées dans le cadre des conventions Oskar et Medpol

La France procède chaque année à l'évaluation des flux polluants rejetés en mer *via* les cours d'eau au titre des conventions internationales Oskar et Medpol.

Aux réserves près émises sur la méthodologie proposée par Oskar et appliquée ici, les flux de phosphore dissous ont nettement diminué depuis la fin des années 90, que ce soit en Manche, mer du Nord, dans le golfe de Gascogne ou en Méditerranée. Il est plus difficile de mettre en évidence des tendances sur les flux d'azote, notamment en Méditerranée, en raison des flux liés aux nitrates. Ils sont en effet prépondérants et globalement stables sur la période. Par conséquent, les problèmes d'eutrophisation perdurent. Le flux particulaire est par ailleurs particulièrement important en mer Méditerranée. Les flux restent très dépendants des débits. De ce fait, les tendances relevées ces dernières années sont influencées par les sécheresses répétées de 2003 et 2005.

Les quatre grands fleuves, Seine pour la Manche – mer du Nord, Loire et Garonne pour le golfe de Gascogne et le Rhône pour la mer Méditerranée représentent bien souvent une part prépondérante des apports des différentes façades en raison de la grande taille de leurs bassins versants.

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergies et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**

© SOeS, 2011  
Dépôt légal : février 2011  
ISSN : 2102-4723  
ISBN : 978-2-11-099407-3