

QUALITÉ DE L'EAU ET CONTAMINATIONS
DANS L'ESTUAIRE DE LA SEINE

Les flux de contaminants

Problématique

L'estuaire de la Seine, situé à l'exutoire du bassin versant de la Seine, est le réceptacle des eaux drainées par le fleuve et ses affluents. La qualité de ses eaux est donc impactée par les apports polluants au réseau hydrographique et est le reflet des pressions anthropiques qui s'exercent sur le bassin versant. Outre la métropole parisienne (10 millions d'habitants) qui contribue fortement aux apports amont de contaminants, l'estuaire de la Seine accueille deux agglomérations rivérales majeures : Rouen (400 000 habitants) et Le Havre (250 000 habitants) ; deux ports maritimes d'importance internationale : Rouen et Le Havre ; quatre zones industrielles majeures : Elbeuf, Rouen, Port Jérôme, Le Havre ; et est bordé par de nombreux terrains agri-

coles. Ces différentes activités (urbaines, industrielles et agricoles) sont autant de sources potentielles de contaminants arrivant à l'estuaire, sources auxquelles il faut ajouter la remobilisation potentielle de stocks de contaminants présents dans les compartiments environnementaux (couches profondes de certaines vasières, sites et sols pollués,...) [Fisson, 2014].

L'estimation des flux de contaminants est un élément de connaissance essentiel pour orienter les politiques de lutte contre la pollution des eaux et répondre aux enjeux d'atteinte du bon état des eaux, de fonctionnement des écosystèmes et de maîtrise des risques sanitaires (liés aux usages de baignade, de production d'eau potable ou de consommation de produits de la pêche).

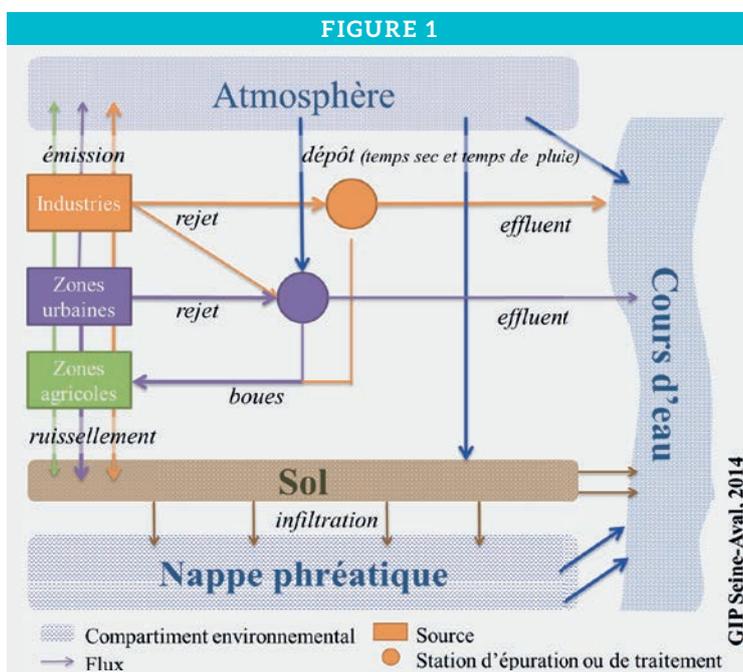


Cette fiche thématique dresse les évolutions majeures des flux de contaminants à l'estuaire de la Seine et propose un bilan actualisé de ces derniers. Elle traite des contaminants au sens large, que ce soit les nutriments, les contaminants chimiques « historiques » ou ceux d'intérêt émergent.

Des sources multiples

La pollution des eaux naturelles provient essentiellement des activités humaines, les sources étant classiquement reliées aux pressions urbaines (eaux pluviales et rejets domestiques), industrielles et agricoles. En **milieu urbain**, selon la configuration du réseau, les eaux pluviales peuvent rejoindre directement le milieu récepteur

ou alors transiter par une station d'épuration urbaine (si le réseau d'assainissement est unitaire). Ces installations permettent un abattement de la matière organique et des matières en suspension (+ azote et phosphore si traitement complémentaire) pour les eaux usées domestiques et industrielles lorsque les rejets aqueux y sont directement acheminés (suite à un premier traitement éventuel sur site). Les **effluents industriels** peuvent également être rejetés dans le milieu, après traitement sur site. En ce qui concerne les **pressions agricoles**, les surplus d'engrais non captés par les plantes (nitrates, phosphates) et les pesticides épandus peuvent rejoindre le milieu récepteur après ruissellement en surface, ou via les nappes souterraines après infiltration dans le sol. Il faut également citer les **dépôts atmosphériques**, qu'ils soient de temps sec ou humide, qui peuvent rejoindre les eaux de surface, soit directement, soit après ruissellement en surface. Enfin, les **sources dites secondaires** correspondant à des remobilisations de contaminants déjà présents dans l'environnement, que ce soit par ruissellement sur des sites et sols pollués, ou par une remobilisation – lors de crues ou par dragage – des sédiments contaminés déjà présents dans les cours d'eau [Figure 1].



Sources et voies de transfert des polluants dans un cours d'eau.

Des apports amont majoritaires

D'un point de vue quantitatif, la source majoritaire de contaminants de l'estuaire de la Seine est le bassin versant amont : les flux de contaminants apportés par la Seine (à Poses) représentent 10 à 20 fois les flux apportés par les affluents intra-estuariens et plusieurs centaines de fois les rejets industriels et urbains directs au fleuve. La remobilisation potentielle des contaminants stockés dans les compartiments environnementaux pourrait également représenter des flux non négligeables et nécessiterait des études dédiées. Une analyse plus qualitative des flux apportés à l'estuaire fait ressortir des éléments caractéristiques selon les contaminants [Tableau I ; Fisson, 2015] :

- Pour les **nutriments**, les rejets directs à l'estuaire sont très faibles par rapport aux apports du réseau hydrologique amont (moins de 2 % pour l'azote et 5 % pour le phosphore). Les rejets industriels et urbains sont du même ordre de grandeur.
- Pour les **métaux**, les rejets directs à l'estuaire sont très faibles par rapport aux apports du réseau hydrologique amont (moins de 5 %).
- Pour les **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**, les rejets industriels dans l'estuaire sont supérieurs aux apports des affluents et non négligeables par rapport aux apports amonts de la Seine. Cela montre l'importance des sources présentes sur l'estuaire pour ces contaminants.



TABLEAU 1 Bilan des apports à l'estuaire de la Seine (kg/an).

Flux en kg/an (2009-2013)	La Seine (Poses)	Affluents	Industries		Stations d'épuration	
			RSDE	IREP	RSDE	IREP
Nitrate (N-NO3)	82 691 000	8 663 065	/	883 773	/	713 391
Ammonium (N-NH4)	4 389 778	89 744 - 166 844	/		/	
Phosphore total (P)	2 275 000	170 400	/	77 463	/	49 631
Zinc	174 144	14 015	4 423	2 513	3 256	4 639
Cuivre	45 752	3 866 - 4 074	237	340	413	715
Plomb	31 602	3 747 - 3 812	8	160	79	350
Cadmium	340 - 7 621	28 - 669	6	71	8	60
16 HAP	1 994 - 2 534	171 - 223	696	199	0,50	1,30
Glyphosate	645 - 1 095	28 - 73	/	/	/	/
Diuron	249 - 317	4,7 - 14	0,14	/	4,6	5,5
Atrazine	27 - 322	7,3 - 31	0,09	/	0,21	/
DEHP	10 857 - 15 817	456 - 910	/	70	19	605
Monobutyl étain	/	1,4 - 33	1,3	/	0	/
Nonylphénol	4 126 - 4 811	62 - 161	76	22	4,0	22
Benzène, Toluène, Xylène	/	/	2 158	1 037	4,1	7,9
Chloroforme	/	/	45	12	10	17

Substances chimiques (famille)	Nutriments	Métaux	HAP	Pesticides
	Phtalates	Organoétains	Alkylphénols	COV

- Pour les **pesticides**, les apports sont essentiellement liés au réseau hydrographique, du fait de sources majoritairement liées au ruissellement.
- Pour les **Composés Organiques Volatils (COV)**, seuls des apports liés à des rejets directs sont identifiés, du fait du caractère volatile de ces molécules.
- Pour les **substances pharmaceutiques**, les apports issus du bassin versant amont sont largement supérieurs aux apports intra-estuariens (affluents et rejets urbains) [GIP Seine-Aval, 2014].

Des efforts visibles de réduction des flux

Le constat historique de qualité très dégradée des eaux de la Seine a aujourd'hui bien évolué et de **nombreuses améliorations** sont à noter depuis les années 1970-1980. Ces améliorations sont à mettre en lien avec [Fisson, 2014] :

- 1) la réduction des rejets et l'application de la réglementation,
- 2) l'amélioration des capacités de traitement des effluents industriels et urbains,
- 3) l'évolution des pratiques agricoles et industrielles tendant à réduire l'utilisation et le rejet des substances toxiques.

L'**oxygénation des eaux** de la Seine s'est ainsi largement améliorée grâce à la mise en place et l'optimisation des stations d'épuration des eaux usées de Paris et de Rouen pour le traitement des effluents urbains et la réduction des flux de matière organique et d'ammonium (NH₄). L'oxygénation des eaux de l'estuaire est aujourd'hui satisfaisante pour la vie aquatique, alors qu'un déficit chronique en oxygène apparaissait en période estivale et automnale entre Rouen et Honfleur jusqu'au milieu des années 1990 [Figure 2]. Cepen-

dant, une succession d'années à faible débit, des températures estivales élevées et des apports de matières biodégradables à la Seine pourraient remettre en cause ce fragile équilibre. De manière plus ponctuelle (très forte chaleur ou orage violent) et sur des secteurs très localisés (bras morts par exemple), une chute du taux d'oxygène peut encore aujourd'hui être observée et présenter un risque d'asphyxie pour les poissons.

La **contamination microbiologique**, en micropolluants chimiques (métaux, pesticides organochlorés, PCB...) et en **certaines nutriments** (phosphore, ammonium) a largement baissé grâce à une meilleure capacité de traitement des effluents, à une meilleure maîtrise des rejets, à des restrictions d'usage et une amélioration des procédés industriels. Ces améliorations sont démontrées par les chroniques de suivi de la qualité des eaux [AESN & DDTM-76, 2012], ainsi que par l'analyse de carottes sédimentaires qui apportent une vision de l'évolution des niveaux de contamination au fil des années [Boust et al., 2012].

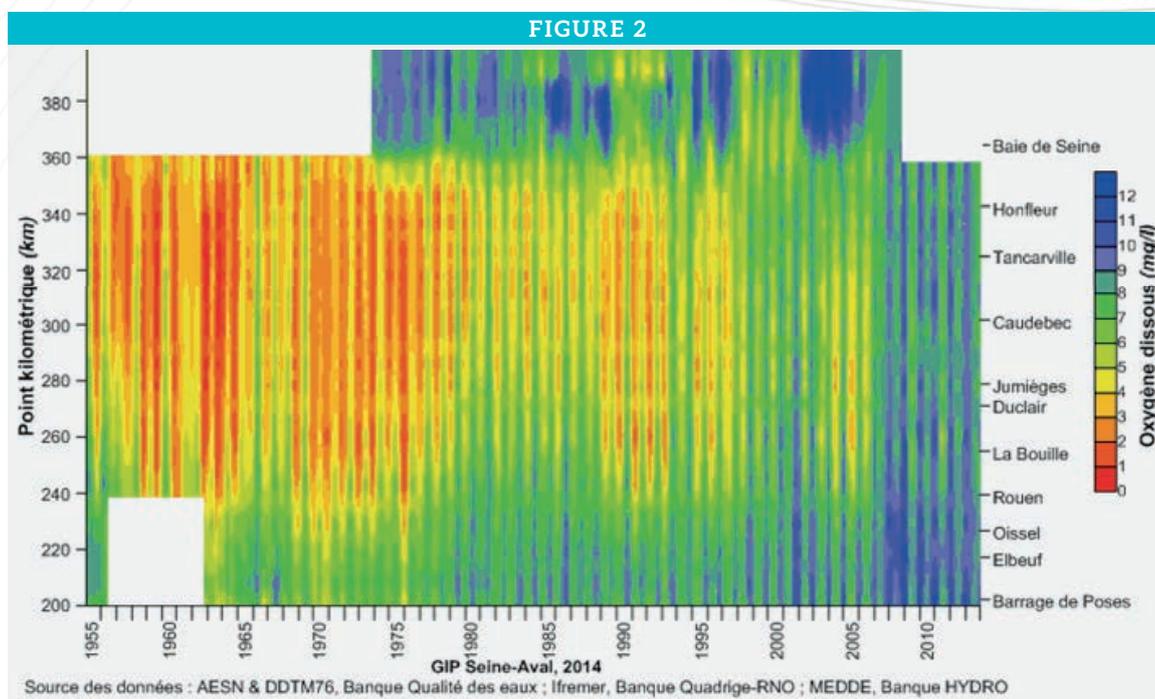
ABRÉVIATIONS

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

PCB : PolyChloroBiphényles

COV : Composés Organiques Volatils

FIGURE 2



Oxygénation des eaux de la Seine : 1955-2013.

Des préoccupations encore fortes

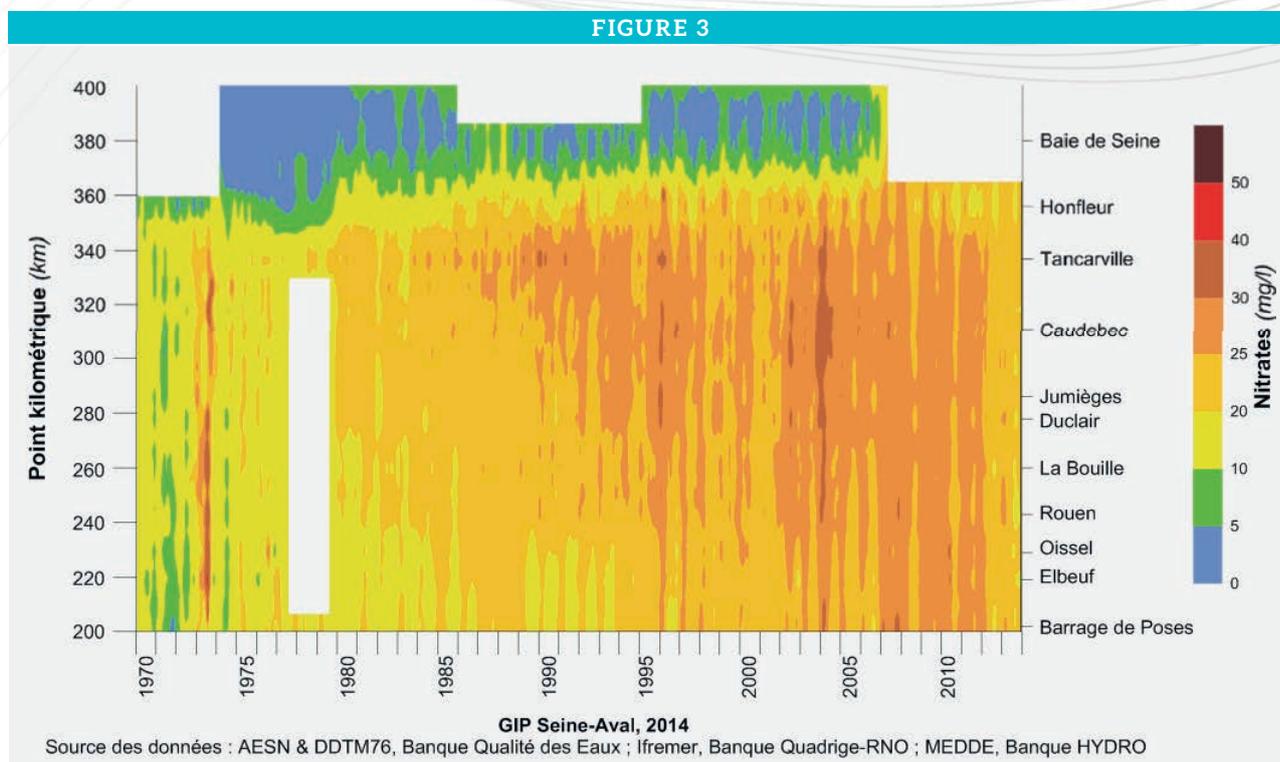
Les nombreux signaux positifs, qui témoignent d'une trajectoire allant vers une reconquête de la qualité des eaux de la Seine, ne doivent pas occulter les efforts qui restent à mener et les préoccupations qui persistent.

Le maintien des **flux de nitrates (NO₃)** à la mer à un niveau élevé et les répercussions sur les blooms phytoplanctoniques en baie de Seine est une problématique toujours d'actualité. Les flux à la Manche sont majoritairement liés à l'activité agricole (part estimée entre 54 % et 77 % à l'échelle du bassin Seine-Normandie) avec un flux total compris entre 100 et 250 ktN/an. Cet apport en azote est très sensible à la pluviométrie, avec 75 % du flux expliqué par les variations de débit des cours d'eau. Depuis la mise en place en 2011 d'une unité complémentaire de dénitrification à la station d'épuration d'Achères traitant les effluents de l'agglomération parisienne, le rejet d'environ 20 kt/an d'azote à la Seine est évité. [Martin et al., 2012 ; Dubois et al., 2012]. Dans l'estuaire de la Seine, les concentrations moyennes en nitrates présentent une tendance à la hausse depuis le début des suivis, avec une concentration moyenne de 25 mg/l sur les dix dernières années et des valeurs pouvant dépasser les 35 mg/l [Figure 3]. Cette hausse est également observée pour les autres

cours d'eau du bassin versant de l'estuaire, ainsi que dans les eaux souterraines où un apport croissant provenant de l'Eure-et-Loir est visible. Ceci révèle la présence d'un réservoir de contamination en nitrates dans l'aquifère de la craie, alimenté par les apports d'origine agricole.

La présence de « **stocks** » de contaminants dans l'environnement (couches profondes de certaines vasières, sites et sols pollués) est l'une des caractéristiques de l'estuaire de la Seine. Elle est à relier au fonctionnement hydrosédimentaire de l'estuaire, à son passé industriel et aux apports importants du bassin versant amont. Suite à leur remobilisation lors de crues ou d'opérations d'aménagement (pour les vasières dans le lit mineur), ou suite à leur entrainement par des eaux ruissellements (pour les sites et sols pollués en bord de Seine), ces contaminants (métaux, HAP, PCB, etc.) peuvent se retrouver dans le milieu aquatique. L'exposition des organismes aquatiques à la **multi-contamination chimique** de l'estuaire (présence d'un cocktail de contaminants) pourrait être accrue et renforcer les effets écotoxiques déjà observés chez de nombreux organismes aquatiques, même si ils sont encore mal connus et difficiles à caractériser [Poisson et al., 2011].

FIGURE 3



Concentration en nitrates dans l'estuaire de la Seine.



La qualité de l'eau de l'estuaire de la Seine est le reflet des pressions passées et actuelles issues des activités exercées sur son bassin versant et porte l'empreinte de ses activités. Le constat historique de qualité très dégradée des eaux de la Seine a aujourd'hui bien évolué et de nombreuses améliorations sont à noter (amélioration de l'oxygénation, baisse de la contamination microbiologique, réduction des flux de phosphore et d'ammonium,

L'essentiel

baisse des concentrations en micropolluants chimiques, etc.). Ces améliorations sont à mettre en lien avec :

- 1) la réduction des rejets industriels et urbains,
- 2) l'amélioration des capacités de traitement des effluents industriels et urbains,
- 3) l'évolution des pratiques agricoles et industrielles tendant à réduire l'utilisation et le rejet de substances toxiques,
- 4) la réglementation sur la suppression des rejets des substances toxiques prioritaires.

Aujourd'hui, des préoccupations persistent néanmoins sur les effets liés à la contamination chimique sur les organismes aquatiques (effets « cocktails »), des questions se posent sur les contaminants dits émergents (retardateurs de flamme, plastifiants, résidus médicamenteux, etc.) et sur le rapport entre les flux entrants à l'estuaire et les contaminants stockés dans l'estuaire et potentiellement remobilisables (couches profondes de sédiments ; anciens terrains pollués en bord de Seine..).

Sources et méthodes



FIGURE 1 Ce schéma synoptique présente les voies de transfert de contaminants au milieu aquatique.

[Source des données : Fisson, 2014]

FIGURE 2 Les concentrations en oxygène dissous (mg/l) sont représentées à partir des données mesurées (n = 12329) sur 29 stations réparties entre le pK 202 (barrage de Poses) et le pK 390 (partie orientale de la Baie de Seine) sur la période 1955-2013.

[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux]

FIGURE 3 Les concentrations en nitrate (mg/l) sont représentées à partir des données mesurées (n=6243) sur 29 stations réparties entre le pK 202 (barrage de Poses) et le pK 390 (partie orientale de la Baie de Seine) sur la période 1970-2013.

[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux]

TABLEAU 1 Ce tableau présente un bilan des apports identifiés à l'estuaire de la Seine (par le réseau hydrographique et les rejets directs) pour les principaux contaminants. Les apports du réseau hydrographique (Seine et affluents) ont été calculés à partir des données de suivis la qualité des eaux et des mesures de débit des cours d'eau. Les flux industriels et urbains sont issus des campagnes de Recherche et Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau (RSDE) et du registre français des émissions polluantes (IREP).

[Source des données : Fisson, 2015]



Références bibliographiques

- Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN) & Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Seine-Maritime (DDTM-76), 2012. **Suivi de la qualité des eaux de la Seine à l'aval de Poses – Année 2011**. Rapport d'étude, 124p.
- Boust D. (coord.), Berthe T., Lesueur P., 2012. **Projet RHAPSODIS : Reconstitution de l'Historique des Apports Particulaires à la Seine par l'Observation De leur Intégration Sédimentaire**. Projet Seine-Aval 4, 163 p.
- Dubois A., Brannellec C., Bourrain X., 2012. **Apports fluviaux en nutriments et en matière organique**. Contribution thématique au Plan d'Action pour le Milieu Marin – Manche – Mer du Nord, 17p.
- Fisson C. (coord.), 2014. **Qualité des eaux de l'estuaire de la Seine**. Fascicule Seine-Aval 3.2, 52p.
- Fisson, 2015. **Flux en contaminants à l'estuaire de la Seine**. Etude réalisée par le GIP Seine-Aval, 33p.
- GIP Seine-Aval, 2014. **Les substances pharmaceutiques**. Fiche thématique, 6p.
- Martin D., Brannellec C., Bourrain X., Beauvais S., Blanck A., Giacomini E., 2012. **Analyse des sources directes et chroniques en nutriments, en matières en suspension et en matière organique vers le milieu aquatique**. Contribution thématique au Plan d'Action pour le Milieu Marin – Manche – Mer du Nord, 17p.
- Poisson E., Fisson C., Amiard-Triquet C., Burgeot T., Couteau J., Dur G., Durand F., Forget-Leray J., Letendre J., Souissi S., Xuereb B., 2011. **Effets de la contamination chimique. Des organismes en danger ?** Fascicule Seine-Aval 2.7, 68p.



Cette fiche thématique s'intègre dans le système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine et de son évolution.

Réalisation :

Groupe d'Intérêt Public Seine-Aval - Pôle Régional des Savoirs - 115 boulevard de l'Europe - 76100 ROUEN - www.seine-aval.fr

Infographie :

Partenaires d'Avenir

Crédits photos :

GIP Seine-Aval

Date d'édition :

mai 2015

Contact : gipsa@seine-aval.fr

Le GIP Seine-Aval est financé par :

