



**Seine-Aval**  
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

# Qualité de l'eau et contaminations :

## Utilisation des mollusques pour le suivi de la contamination chimique dans l'estuaire et la baie de Seine

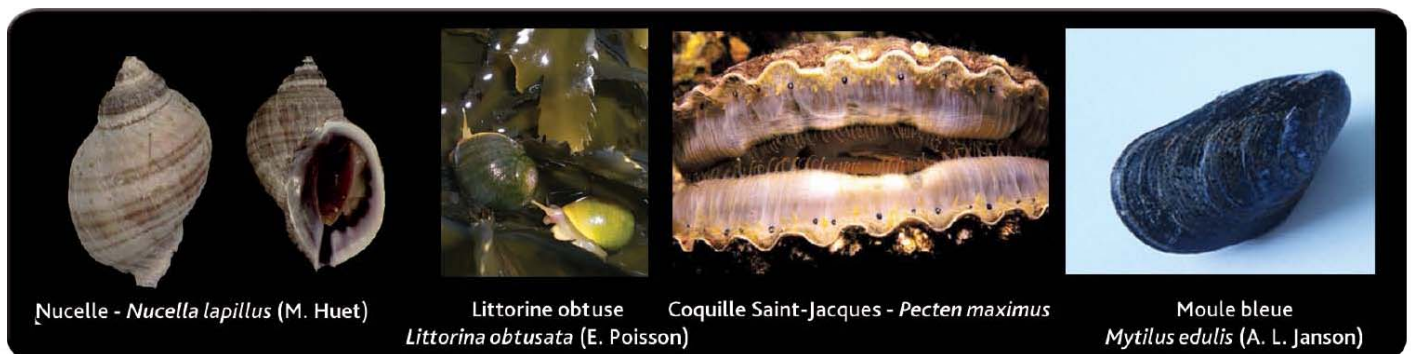
### Problématique

Les mollusques sont des animaux à corps mou, dépourvus de squelette interne (invertébrés) et présentant généralement une coquille calcaire externe ou interne. Les trois principales classes sont les gastéropodes, les bivalves (lamellibranches) et les céphalopodes. Surtout présents en milieu marin, il existe également des mollusques d'eau douce et des mollusques terrestres. Leur reproduction est sexuée. Les bivalves vivent soit fixés sur un substrat dur (huîtres, moules), soit enfouis ou à la surface des substrats meubles (coquille Saint-Jacques, palourde, coque, praire). Organismes filtreurs (35l d'eau/j pour la moule), ils se nourrissent de phytoplancton et de débris organiques présents dans l'eau.

Les gastéropodes sont généralement retrouvés en milieu marin sur les substrats durs (de la zone intertidale aux grands fonds) et présentent un mode d'alimentation varié : le bigorneau broute des algues, le bulot est nécrophage et se nourrit de cadavres de poissons ou de crabes, la nucelle (carnivore macrophage) perfore la coquille de sa proie (généralement des bivalves ou d'autres gastéropodes) et la dévore par ce petit trou, etc. Dans l'estuaire et la partie orientale de la baie de Seine, quatre-vingts espèces de mollusques

benthiques (bivalves et gastéropodes) ont été recensées entre 2000 et 2006, dont vingt-cinq en eau douce, quarante-neuf en eau salée et six spécifiques à la zone du gradient de salinité [Ruellet & Dauvin, 2007 – MABES v2]. En terme d'abondance, les principaux bivalves présents dans l'estuaire de la Seine sont *Corbicula sp.*, *Dreissena polymorpha* et *Sphaerium solidum* (en eau douce), *Abra alba*, *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica*, *Mytilus edulis* et *Scrobicularia plana* (dans la zone de gradient de salinité) et *Abra alba*, *Kurtiella bidentata* et *Phaxas pellucidus* (en milieu marin). Pour les gastéropodes, sont majoritairement retrouvés *Bithynia tentaculata* et *Radix balthica* (en eau douce), *Hydrobia sp.* (dans la zone de gradient de salinité) et *Crepidula fornicata*, *Euspira sp.*, *Littorina sp.* et *Patella sp.* (en milieu marin) [Dauvin et al., 2010].

Ces organismes sont soumis aux pressions naturelles (courants, changements de salinité, exondations, etc.) et anthropiques (contamination, destruction d'habitat, pression de pêche, etc.) qui s'exercent dans l'estuaire de la Seine et sa baie. Ce sont, de ce fait, des organismes intéressants pour caractériser l'état de santé du milieu aquatique, suivre la contamination et évaluer ses effets.



Nucelle - *Nucella lapillus* (M. Huet)

Littorine obtuse  
*Littorina obtusata* (E. Poisson)

Coquille Saint-Jacques - *Pecten maximus*

Moule bleue  
*Mytilus edulis* (A. L. Janson)

# Utilisation des mollusques pour le suivi de la contamination chimique dans l'estuaire et la baie de Seine

## Situation

### Des organismes utiles pour le suivi de la contamination

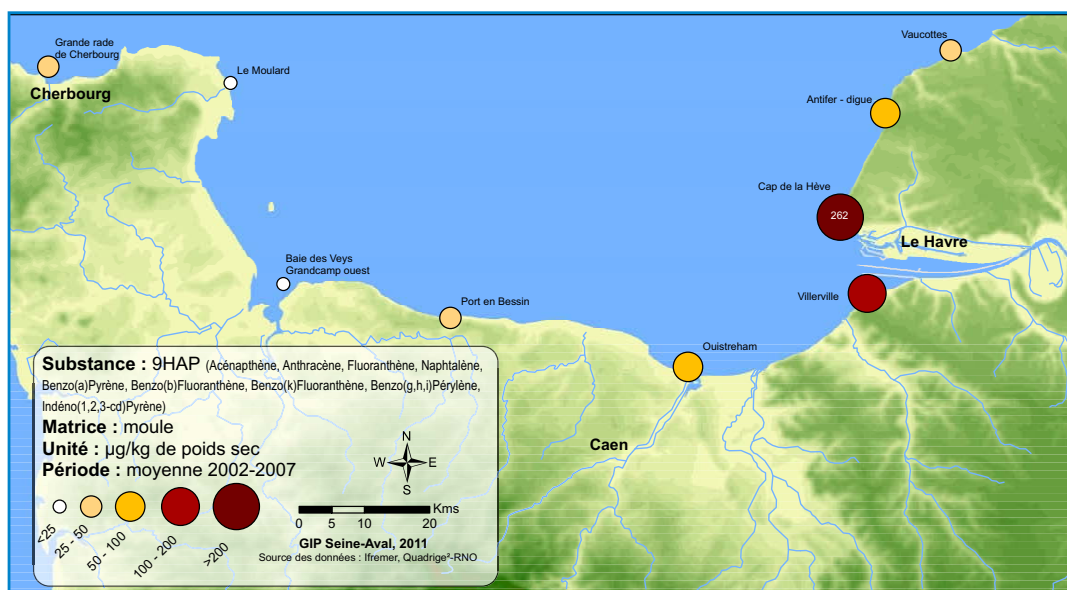
Les mollusques bivalves sont utilisés pour la recherche et la quantification de nombreux contaminants. Ils sont simples à échantillonner, résistent à la contamination chimique, métabolisent peu les substances chimiques et en bioaccumulent au sein de leur organisme à des concentrations supérieures à celles présentes dans le milieu. Cela permet l'analyse de substances dont les concentrations environnementales sont très faibles et dont la détection dans l'eau par les techniques d'analyse chimique usuelles est difficile. De plus, les bivalves sont sédentaires, généralement abondants et présentent une durée de vie longue, ce qui permet de relier un organisme à son milieu. De plus, leur vaste distribution géographique autorise une comparaison sur une large échelle spatiale.

En comparaison des résultats d'analyse sur les autres sites côtiers, les teneurs mesurées dans les moules prélevées à l'embouchure de la Seine montrent une contamination importante en argent et en PCB, et dans une moindre mesure, en cadmium, en DDT (pesticide organochloré) et en HAP. A titre d'exemple, les teneurs en argent des moules prélevées au Cap de la Hève sont 30 fois plus importantes que sur le reste du littoral français [Tableau I ; Ifremer, 2011].

A l'échelle de la baie de Seine, un gradient de contamination décroissant est observé de l'embouchure de l'estuaire vers le Cotentin et le long du littoral du pays de Caux du Havre vers Dieppe (panache de la Seine) [Figure 1 ; Abarnou & Duchemin, 2008].

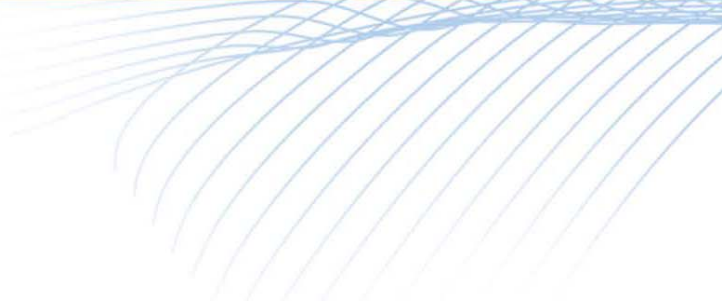
**Tableau I : Rapport à la médiane nationale de la contamination chimique des bivalves prélevés à l'embouchure de la Seine [Ifremer - ROCCH, 2003-2007].**

	Cap de la Hève	Villerville
Argent	x 30	x 21
Cadmium	x 2,1	x 2,1
Chrome	x 1,5	x 1,2
Cuivre	x 1,2	x 1,2
Mercure	x 1,4	x 1,4
Nickel	x 1,6	x 1,4
Plomb	x 1,8	x 1,8
Vanadium	x 0,8	x 0,8
Zinc	x 0,7	x 0,8
DDT	x 3,4	x 3,5
Lindane	x 1,2	x 1
PCB (CB153)	x 16	x 19
HAP (Fluo)	x 6,4	x 3,3



**Figure 1 : Niveau de contamination des moules en 9 HAP [Ifremer, Quadriga<sup>2</sup>-ROCCH]**





## Des organismes utiles pour le suivi des effets de la contamination

Les mollusques sont également employés pour suivre les effets de la contamination. Ils servent notamment de support à la mesure de biomarqueurs qui peuvent révéler l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique (à caractère polluant), par la recherche de changements structuraux ou fonctionnels, observables et/ou mesurables à divers niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique ou comportementale). Les biomarqueurs permettent donc d'évaluer les réponses d'organismes exposés à une contamination chimique, même pour des concentrations très faibles, et ce, bien avant que la communauté ne présente de réactions apparentes [Lagadic *et al.*, 1998]. Parmi les nombreuses espèces de mollusques recensées dans l'estuaire de la Seine, deux sont régulièrement utilisées comme espèce sentinelle : la dreissène (ou moule zébrée ; *Dreissena polymorpha*) pour les eaux douces et la moule bleue (*Mytilus edulis*) pour les eaux marines et saumâtres [Poisson *et al.*, 2011].

L'analyse de biomarqueurs d'effets génotoxiques montre un taux de cassures à l'ADN (par le test des comètes) relativement important pour ces deux espèces par rapport aux sites de référence (Yville-sur-Seine pour les dreissènes et Le Moulard pour les moules bleues) [Figure 2 ; Rocher *et al.*, 2006]. Si ces lésions ne sont pas réparées, elles peuvent conduire à des mutations dites 'fixées' qui persisteront dans le génome des organismes exposés et qui pourront également être transmises aux cellules filles et ainsi être précurseur de processus tumorigènes. Bien que la mesure d'adduits à l'ADN montre une disparité des résultats selon les années et les études, c'est un biomarqueur qui permet, et qui a permis, de mettre en évidence l'exposition d'organismes de l'estuaire de la Seine et de son embouchure à des

contaminants génotoxiques.

Le dosage de l'activité des enzymes antioxydantes (enzymes qui contribuent à l'élimination des substances réactives de l'oxygène produites lors de l'exposition à des substances chimiques) permet également d'évaluer le niveau d'exposition des mollusques à la contamination chimique. Ainsi, chez les dreissènes, les activités de la glutathion-S-transférase (GST) et de la superoxyde dismutase (SOD) des individus échantillonnés entre Oissel et Caudebec-en-Caux sont supérieures aux activités du site de référence (Yville-sur-Seine). Cela indique une activation des mécanismes de défense pour faire face à la contamination chimique [Rocher *et al.*, 2006]. La reproduction est une phase du cycle de vie des organismes primordiale et sa perturbation peut engendrer des déséquilibres dans les populations. La croissance, le développement et la reproduction des organismes peuvent être affectés par la contamination chimique. Par exemple, l'étude de Minier *et al.* (2005) montre que la dreissène présente un décalage de maturation sexuelle en amont de Rouen par rapport au site témoin (Yville-sur-Seine). Cachot *et al.* (2004) font le même constat chez les moules bleues de la baie orientale vis-à-vis du site témoin (Le Moulard). Dans une étude de Minier *et al.* (2006), il semble que l'état de santé des organismes (appréhendé grâce à des indices de condition) soit affecté par la contamination chimique.

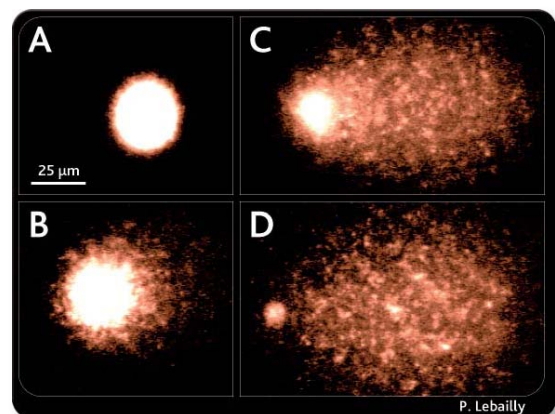


Figure 2 : Différents niveaux de dégradation de l'ADN visualisée avec le test des comètes. A : noyau intact, B : légère comète, C : comète, D : noyau atypique.

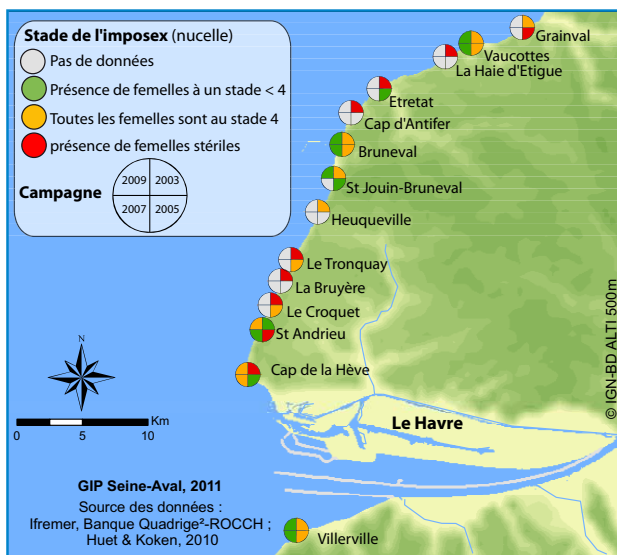


Figure 3 : Imposex chez les nuelles.

## Effets des organo-étains sur la reproduction des gastéropodes

Le tributylétain (TBT) appartient à la famille des organo-étains. C'est un puissant biocide, notamment employé dans les antifoulings (peintures antisalissures) utilisés dans la construction navale et la plaisance, dès 1960 et surtout dans les années 1970. Depuis 2008, aucun navire entrant dans un port d'un état membre de l'Union Européenne ne peut être revêtu d'un système antisalissure contenant des composés organostanniques.

Le TBT est un perturbateur endocrinien qui induit un dérèglement de la production et de la sécrétion des hormones. Chez les gastéropodes femelles, il provoque le développement d'un pénis, pouvant engendrer une stérilité. Lorsque l'usage du TBT s'est développé, des diminutions brutales de populations de nuelles ont été observées en quelques années. A travers le monde, plus de 150 espèces de gastéropodes sont touchées par ce phénomène responsable d'extinctions locales.

Ce développement du pénis chez les gastéropodes femelles est appelé imposex et fait l'objet d'un suivi sur le littoral français (ROCCH). Le développement du pénis est décomposé en six stades, la femelle étant stérile à partir du stade cinq. En 2003, presque toutes les femelles prélevées sur le littoral du pays de Caux présentaient un imposex au stade quatre ou plus, sept stations présentant même des femelles stériles. Cette première campagne a ainsi montré une exposition forte au TBT sur cette portion du littoral, sous l'influence du panache de la Seine, ainsi que des ports du Havre, d'Antifer et de Fécamp. Ces observations ont été confirmées par la détection de TBT dans l'eau, le sédiment et le biote (moule, crabe, bulot). La situation semble s'améliorer, avec des stations présentant des femelles au stade 3 en 2007 et 2009 [Figure 3 ; Huet & Koken, 2010].

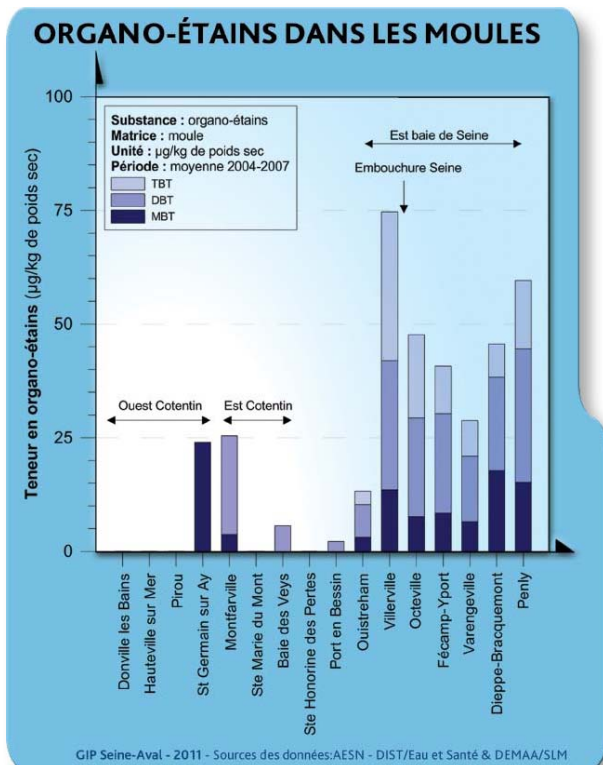


Figure 4 : Teneurs moyennes (2004-2007) en organo-étains dans les moules le long des côtes normandes.

Dans les moules, le TBT n'est observé que dans la partie est de la baie de Seine (teneurs maximales à l'embouchure de la Seine puis diminution le long du littoral du Pays de Caux). Les produits de dégradation du TBT (DBT : dibutylétain, MBT : monobutylétain) sont retrouvés sur le littoral du Pays de Caux et, dans une moindre mesure, dans la partie ouest de la baie [Figure 4].

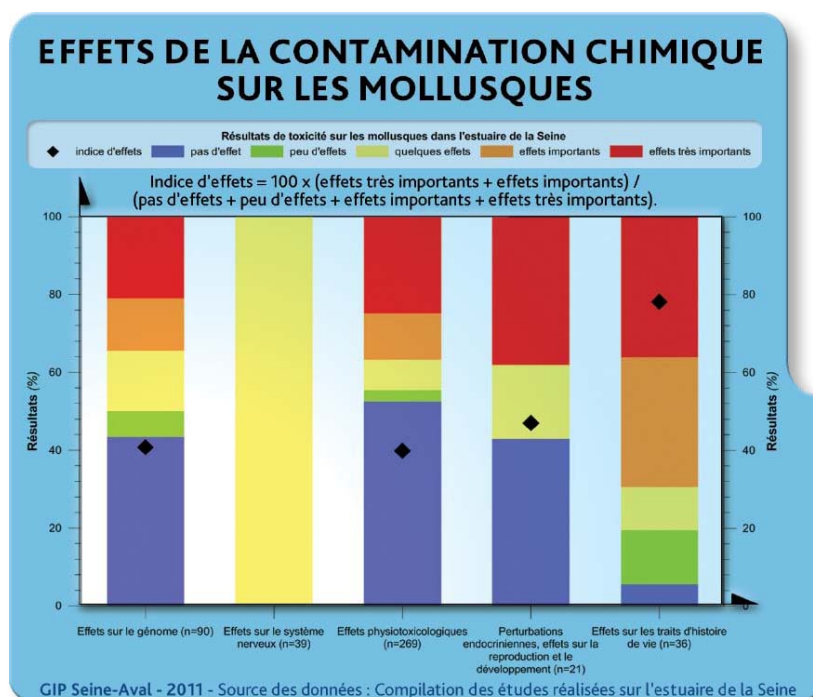


# Utilisation des mollusques pour le suivi de la contamination chimique dans l'estuaire et la baie de Seine

## L'essentiel

Les mollusques, de par leur mode de vie et/ou leur physiologie, peuvent bioaccumuler les contaminants chimiques présents dans le milieu. Ceci explique l'utilisation des mollusques comme support d'analyse pour le suivi de la contamination par les micropolluants persistants, mais aussi comme espèce sentinelle pour évaluer, grâce à l'analyse de biomarqueurs, les effets provoqués par ces substances sur les organismes [Indicateur 1]. Sont ainsi mis en évidence, dans l'estuaire de la Seine, des niveaux de contamination pouvant être importants (Argent, PCB, HAP, etc.) et des effets néfastes sur l'état de santé des mollusques : lésions à l'ADN pouvant se répercuter au niveau des populations, affection de la reproduction (décalage de la maturation sexuelle, imposex, etc.), etc. Au-delà de la contamination chimique, les mollusques sont sensibles à la présence de microorganismes pathogènes (bactéries, virus,

protozoaires) et d'espèces phytoplanctoniques toxiques ou nuisibles (par privation d'oxygène suite à une prolifération, par lésion mécanique des branchies ou par effet toxique direct de phycotoxines produites par certaines espèces). Ces contaminations peuvent également être dangereuses pour les consommateurs de coquillages, c'est pourquoi des seuils réglementaires ont été fixés pour la mise sur le marché des coquillages. Des plans de surveillance ont également été déployés (le REPHY : réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines et le REMI : réseau de contrôle microbiologique des zones de production conchylicoles). Cette surveillance peut déboucher sur la prise d'arrêtés interdisant la pêche sur des secteurs plus ou moins étendus et pour des durées plus ou moins longues (généralement entre juin et octobre pour les *Dinophysis*, par exemple).



**Indicateur 1 : Effets de la contamination chimique mis en évidence sur les mollusques lors d'études *in situ* réalisées dans l'estuaire de la Seine.**

# Utilisation des mollusques pour le suivi de la contamination chimique dans l'estuaire et la baie de Seine

## Sources et méthodes

### Tableau 1

Les teneurs en contaminants mesurées dans les moules bleues prélevées à l'embouchure de la Seine (Cap de la Hève et Villerville) sont comparées à la teneur médiane du littoral français. Les substances considérées sont les suivantes : argent, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, vanadium, zinc, DDT, lindane, PCB (CB153) et HAP (fluoranthène).

[Source des données : Ifremer, Banque Quadrige<sup>2</sup> - ROCCH 2003-2007 ; Ifremer, 2011]

### Figure 1

Les teneurs moyennes en 9 HAP sont représentées pour la période 2002-2007 sur les moules bleues prélevées sur les côtes de la baie de Seine. Les 9 HAP considérés sont les suivants : Anthracène, Acénaphthène, Fluoranthène, Naphtalène, Benzo(a)Pyrène, Benzo(b)Fluoranthène, Benzo(k)Fluoranthène, Benzo(g,h,i)Pérylène, Indéno(1,2,3-cd)Pyrène.

[Source des données : Ifremer, Banque Quadrige<sup>2</sup> - ROCCH]

### Figure 2

Le test des comètes est une méthode permettant de quantifier les cassures à l'ADN. Il consiste à séparer les noyaux en fonction de leur état de dégradation. L'importance de la queue est proportionnelle au taux de dégradation : les noyaux dont l'ADN a subi des cassures prennent la forme d'une comète (les fragments d'ADN les plus petits migrant le

plus loin) et les noyaux dont l'ADN n'est pas endommagé apparaissent sous forme d'un disque régulier.

### Figure 3

Le stade d'imposex est représenté chez des femelles nucelles prélevées le long des côtes normandes (de Villerville à Grainval) en 2003, 2005, 2007 et 2009.

[Source des données : Ifremer, Banque Quadrige<sup>2</sup>-ROCCH ; Huet & Koken, 2010]

### Figure 4

Les teneurs moyennes en TBT et en métabolites du TBT (DBT et MBT) ont été mesurées dans la chair de moule prélevées le long des côtes de Basse et Haute-Normandie (de Donville-les-Bains à Penly). Ces teneurs sont les moyennes des mesures effectuées de 2004 à 2007.

[Source des données : AESN - DIST/ Eau et Santé & DEMAA/SLM]

### Indicateur 1

A partir d'une compilation des études *in situ* s'intéressant aux effets de la contamination sur des mollusques de l'estuaire de la Seine (16 références, 455 résultats), les niveaux d'effets ont été représentés en fonction du type d'effets (sur le génome, sur les traits d'histoire de vie, etc.).

Un indice d'effets a également été calculé. Il varie de 0 (pas d'effets) à 100 (effets très importants).

[Source des données : Poisson et al., 2011]

## Références Bibliographiques

- Abarnou A. & Duchemin J., 2008. Distribution et devenir de contaminants persistants dans les écosystèmes littoraux – comparaison Manche ouest / Manche est. Etude AESN-Ifremer, 119p.
- Cachot J., André V., Prévost V., Sichel F., Goff J. L., Daon S., Budzinski H., Augagneur S., LeMenach K. et al., 2004. Thème 3 : Evaluation intégrée des effets des contaminants à l'échelle individuelle et populationnelle sur deux espèces de bivalves, *Dreissena polymorpha* et *Mytilus edulis*, dans l'estuaire et l'embouchure de Seine. Seine-Aval 3, p1-33.
- Dauvin J.C., Janson A.L., Alizier S., Aulert C., Bessineton C., Cuvilliez A., Denis L., Garcia C., Jourde J., Lesourd S., Lozach S., Morin J., Ruellet T., Spilmont N., Tous Rius A., 2010. Le benthos de l'estuaire de la Seine. Fascicule Seine-Aval 2.4, 72p. ISBN 2-84834-054-1.
- Huet M., Koken M., 2010. Intensité de l'imposex chez *Nucella lapillus* le long des côtes de la Manche et de l'Atlantique en 2009. Rapport final du contrat universitaire IFREMER N°2009550881307 (avril 2010), 92p.
- Ifremer, 2011. Les contaminants chimiques dans les huîtres et les moules du littoral français. [en ligne] <http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/parammaps/contaminants-chimiques/>
- Lagadic L., Caquet T., Amiard J.-C., Ramade F., 1998. Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Lavoisier, Paris. p320.
- Minier C., Cachot J., André V., Prévost V., Sichel F., Goff J. L., Daon S., Budzinski H., Augagneur S. et al., 2005. Thème 3 : Evaluation intégrée des effets des contaminants à l'échelle individuelle et populationnelle sur deux espèces de bivalves, *Dreissena polymorpha* et *Mytilus edulis*, dans l'estuaire et l'embouchure de Seine. Seine-Aval 3, p1-29.
- Minier C., Abarnou A., Jaouen-Madoulet A., Le Guellec A.-M., Tutundjian R., Bocquené G., Leboulenger F., 2006. A pollution-monitoring pilot study involving contaminant and biomarker measurements in the Seine estuary, France, using zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). Environmental Toxicology and Chemistry, 25 (1), p112-119.
- 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. ISBN 2-84834-059-2.
- Rocher B., Le Goff J., Peluhet L., Briand M., Manduzio H., Gallois J., Devier M. H., Geffard O., Gricourt L. et al., 2006. Genotoxicant accumulation and cellular defence activation in bivalves chronically exposed to waterborne contaminants from the Seine River. Aquatic Toxicology, 79 (1), p65-77.
- Ruellet, T. & Dauvin, J.-C., 2007. Base de données MABES – Macro-benthos de la Baie et de l'Estuaire de la Seine – version 2. GIP Seine-Aval, Rouen.

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

Elle est éditée par le Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval  
12 avenue Aristide Briand  
76000 Rouen  
[www.seine-aval.fr](http://www.seine-aval.fr)

Conception, rédaction :  
GIP Seine-Aval  
Président : Nicolas Mayer-Rosignol  
Directeur : Loïc Guézennec  
Contact : [gipsa@seine-aval.fr](mailto:gipsa@seine-aval.fr)  
Infographie :  
Quai 24, Le Havre  
Crédits photos :  
GIP Seine-Aval  
Tirage : 1000 exemplaires  
Impression réalisée sur papier écolabélisé.

Le GIP Seine-Aval est financé par :

