



## La dynamique de la vie

L'eau support de vie

# Micropolluants : les ETM

# Micropolluants : les ETM

## Résumé

Les micropolluants sont des composés susceptibles de présenter des effets toxiques à de très faibles concentrations. Des **Eléments Traces Métalliques (ETM)** sont présents naturellement dans l'environnement, mais certains d'entre eux sont rejetés par les activités humaines.

Entre 1996 et 2017, près de 17500 mesures ont été réalisées entre Les Ponts-de-Cé et Saint-Nazaire, dans l'eau en majorité, les sédiments et les bivalves. Huit ETM sont principalement recherchés : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc.

L'arsenic est massivement présent dans la composition géologique du bassin de la Loire et il est utilisé par des activités minières et sidérurgiques. Il est ainsi régulièrement retrouvé dans les sédiments en aval de Nantes où se concentrent les suivis. La fermeture de certaines industries, l'instauration de réglementations visant à réduire les teneurs des effluents et l'effet collatéral de l'amélioration des capacités de traitement des stations d'épuration ont permis de réduire les concentrations de certains ETM, comme le plomb dans les bivalves.



## Objectif définition

Les micropolluants regroupent des dizaines de milliers de molécules. Il s'agit de pesticides, d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), de PolyChloroBiphényles (PCB), d'Eléments Traces Métalliques (ETM), de retardateurs de flammes (PBDE), de plastifiants (phtalates, bisphénol), de résidus pharmaceutiques, de dioxines. La majeure partie provient des activités humaines. Seuls les ETM et HAP ont aussi une origine naturelle.

La présence de ces substances sur la zone d'étude provient aussi bien d'un usage local, que des apports de l'ensemble du bassin de la Loire. Lorsque les substances sont hydrophobes, elles sont susceptibles d'être présentes à plus haute dose dans les sédiments ou au sein des organismes aquatiques (ex. moules, poissons) par bioaccumulation. Elles peuvent ensuite se concentrer au fil de la chaîne trophique en étant

alors ingérées via l'alimentation. C'est la bioamplification.

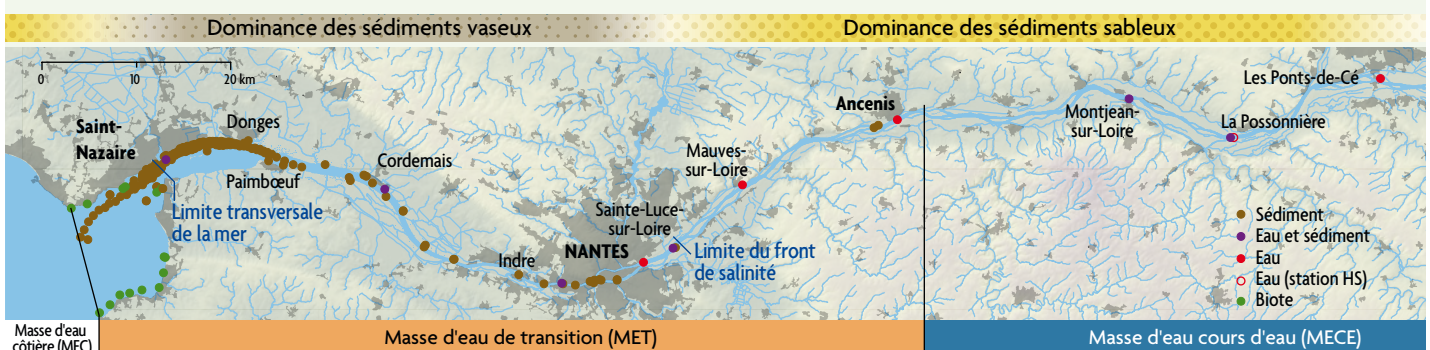
Les **micropolluants** sont des composés susceptibles de présenter des effets toxiques à de **très faibles concentrations**, de l'ordre du microgramme voire du nanogramme par litre d'eau ou par kilogramme de matière sèche.

L'indicateur sur les micropolluants est scindé en plusieurs fiches, la première consacrée aux pesticides L2 A6a publiée en 2011, la présente fiche aux ETM et une troisième traitera des HAP-PCB et autres polluants organiques.

De 1996 à 2017, les ETM sont recherchés dans l'eau, le sédiment déposé et le biote (bivalves). **Les données**, fournies par les différents réseaux de mesure et études ponctuelles, **sont hétérogènes (protocole, fréquence, période de suivi, liste de molécules)**.

## CARTE L2 A6b - 1

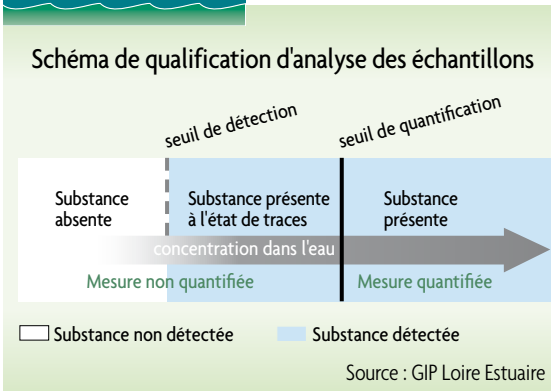
Localisation des stations de mesures des ETM par compartiment et par type de masse d'eau de la DCE



Les ETM sont des substances plutôt hydrophobes, non biodégradables, donc persistantes, d'où la pertinence de les suivre préférentiellement dans les sédiments et les organismes aquatiques. Or les suivis des bivalves se concentrent sur le littoral, et les mesures dans les sédiments, en aval de Nantes. Les sédiments vaseux y sont majoritaires et favorisent la concentration de micropolluants, contrairement aux sédiments sableux. Ainsi à l'amont de Nantes, bien qu'il y ait eu quelques mesures dans les sédiments, celles faites dans l'eau prédominent, surtout pour l'alimentation en eau potable qui oblige à des analyses régulières.

**L'objectif de cet indicateur est d'évaluer la présence des principaux ETM caractéristiques de la Maine à la mer, dans les sédiments, les bivalves et dans l'eau, de 1996 à 2017, en suivant l'évolution de leurs concentrations le long du continuum fluvio-estuarien et au cours du temps.**

FIGURE L2 A6b - 1



Une substance recherchée est quantifiée uniquement si sa concentration dépasse un seuil de quantification. Pour les valeurs inférieures au seuil de quantification, les bases de données

précisent rarement si la substance est présente à l'état de traces ou bien si elle est absente. Bien que **l'absence de quantification ne signifie pas absence de la substance, toutes les mesures inférieures au seuil de quantification, sont considérées comme nulles dans l'indicateur. Par conséquent, le suivi présente les résultats *a minima* pour les mesures inférieures au seuil de quantification.**

Pour caractériser la contamination en micropolluants, il est nécessaire de pouvoir comparer les mesures au bruit de fond géochimique. Ce dernier est établi pour des ETM en milieu fluvial, grâce à une carotte sédimentaire réalisée à Montjean-sur-Loire en 2009 par l'Université de Tours. En revanche, il n'est pas défini dans l'estuaire.

Les teneurs en micropolluants sont réglementairement évaluées. Dans l'indicateur, ces mesures sont comparées à **titre indicatif** aux valeurs réglementaires :

- de l'eau destinée à la production d'eau potable, prélevée en eau douce ;
- des Normes de Qualité Environnementales de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) en Concentration Maximale Autorisée (NQE-CMA) ou en Moyenne Annuelle (NQE-MA), en moyenne arithmétique, pour les Masses d'Eau Cours d'Eau ;
- des niveaux de référence N1 et N2 pour les sédiments. En dessous du niveau N1, l'impact potentiel de la mobilisation des sédiments est jugé neutre voire comparable au bruit de fond géochimique. Entre N1 et N2, une investigation complémentaire peut être effectuée. En cas de dépassement de N2, une investigation complémentaire est généralement engagée.

## Interprétation

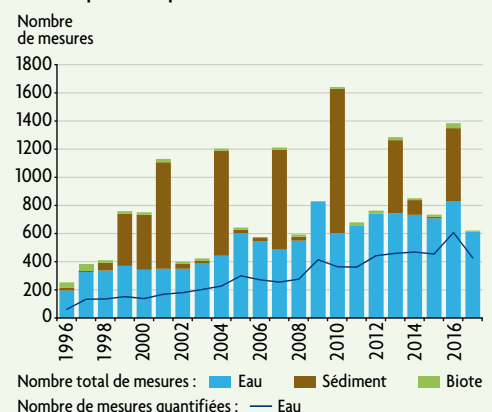
### Les ETM davantage recherchés dans l'eau

Parmi les 92 ETM, seuls des métaux de transition, des métaux pauvres et des métalloïdes sont présentés dans l'indicateur. De la Maine à la mer, entre 1996 et 2017, 21 éléments sont recherchés soit plus de 17550 mesures réalisées, en cumulant les données dans l'eau (67%), les sédiments (31%) et les bivalves (2%). Seulement une partie de ces mesures est quantifiée : la moitié de celles effectuées dans l'eau, mais plus de 90 % des mesures dans les sédiments et le biote sont quantifiées.



GRAPHIQUE L2 A6b - 1

Cumul du nombre annuel de mesures en ETM par compartiment de 1996 à 2017



Sources : AELB/ARS 44 et 49/DDTM 44/GPMNSN/Ifremer/GIP Loire Estuaire

Sur ces 21 ETM, 8 sont davantage recherchés et représentent les 2/3 des mesures (68%) depuis 1996 aussi bien dans l'eau, les sédiments et/ou les bivalves : l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb et le zinc.

Cet effort d'analyse est lié aux usages et à leur réglementation, telle la production d'eau potable ou les dragages d'entretien du chenal de navigation. Le cadmium, le mercure et le plomb sont particulièrement suivis dans le biote, à cause de leur forte toxicité et de leur forte capacité de bioaccumulation.



TABLEAU L2 A6b - 1

Liste des 21 ETM recherchés

Métaux de transition	Métaux pauvres	Métalloïdes
Argent	Aluminium	Antimoine
Chrome	<b>Cadmium</b>	Arsenic
Cobalt	Etain	Bore
Cuivre	<b>Mercure</b>	Tellure
Fer	<b>Plomb</b>	
Manganèse	Thallium	
Molybdène	Zinc	
<b>Nickel</b>		
Titane		
Vanadium		

En vert, ETM retenus pour l'indicateur, qui sont aussi ceux suivis par la DCE, dont **en gras ceux suivis pour l'état chimique de la DCE.**

Sources : GIP Loire Estuaire

## Dans les sédiments : des dépassements de chrome, de nickel et surtout d'arsenic

Dans les sédiments, parmi les 4650 mesures des 8 ETM les plus suivis (l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb et le zinc), sont observés :

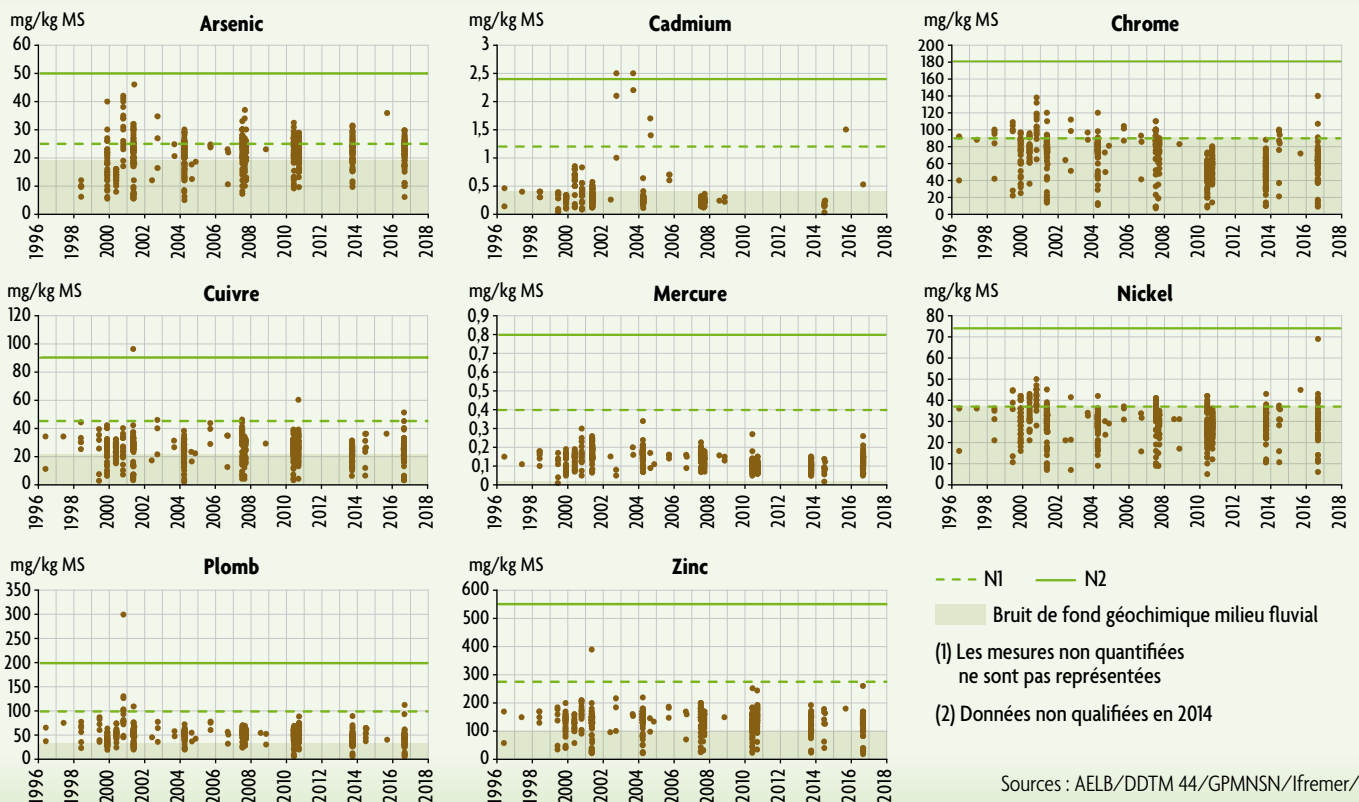
- 266 dépassements de niveau N1, soit près de 6% des mesures. Ils sont dus quasiment essentiellement à 3 ETM : l'arsenic (pour la

moitié), le chrome (pour 1/4) et le nickel (pour 1/5) ;

- de très rares dépassements de niveau N2, soit 4 mesures. Ils sont dus au cadmium (2), au cuivre et au plomb au début des années 2000, des ETM pour lesquels surviennent respectivement sept, cinq et sept dépassements de N1.

GRAPHIQUE L2 A6b - 2

### Evolution des teneurs en ETM dans les sédiments de 1996 à 2017, de la Maine à la mer <sup>(1) (2)</sup>



Sources : AELB/DDTM 44/GPMNSN/Ifremer/ Université de Tours/GIP Loire Estuaire

Ce suivi est fondé sur 585 prélèvements issus de 180 stations. Il s'agit principalement des données du chenal de navigation, des accès et installations portuaires entre Nantes et l'estuaire externe.

4 % de ces prélèvements (22) sur 24 stations concentrent les valeurs maximales des 8 ETM suivis. La plupart de ces maximums sont mesurés entre 1999 et 2007, plus fréquemment au droit des installations industrialo-portuaires, ce qui s'explique en partie par la stratégie d'échantillonnage menée. Les teneurs maximales en chrome et nickel sont mesurées en 2016 sur une souille (site d'accostage de navires) des terminaux portuaires à Montoir-de-Bretagne. Une teneur en chrome similaire avait été mesurée en 2000 plus en amont. Les valeurs remarquables de cuivre et zinc en 2001 sont mesurées au droit des sites de construction navale à Saint-Nazaire. Celle en plomb au droit de l'ancienne usine d'additifs pour essence à Paimbœuf en 2000. Celles en cadmium (> 1 mg/kg MS) à Cordemais, Indre, Sainte-Luce-sur-Loire et Montjean-sur-Loire. La moindre densité des données pour cet ETM s'explique par un seuil de quantification

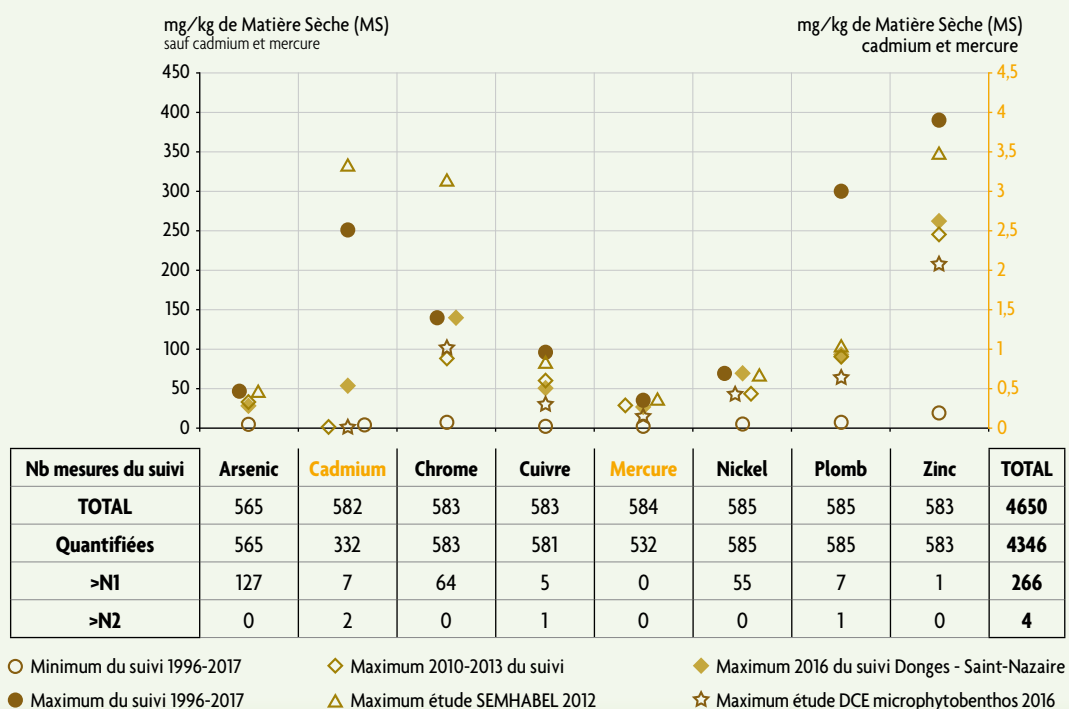
relevé à 0,40 mg/kg contre 0,10 mg/kg auparavant, pour plusieurs échantillonnages depuis 2010.

La comparaison des données 2016 du suivi aux maximums mesurés sur 3 vasières entre Donges et Saint-Nazaire (étude DCE – microphytobenthos) montrent des concentrations en ETM, arsenic excepté, globalement plus élevées dans le chenal et les souilles, bien que les protocoles d'échantillonnage et de mesure diffèrent.

L'étude SEMHABEL a mesuré des ETM dans les sédiments entre Thouaré-sur-Loire et l'estuaire externe, en 2012 aussi bien dans le chenal de navigation que sur les vasières. Les teneurs maximales sont supérieures à celles du suivi, mesurées en 2010 ou 2013 (il n'y a pas de suivi en 2012). Les maximums en cadmium et chrome sont les plus élevés mesurés depuis 1996 toutes campagnes d'acquisition de données confondues : celui en cadmium correspond à une station dans le bras de Pirmil à Nantes, où il n'y a pas de suivi. D'ailleurs, à l'amont de la zone d'évitage de Nantes, les mesures sont rares : 8 mesures en 22 ans de suivi.

GRAPHIQUE L2 A6b - 3

Comparaison des concentrations en mg/kg de matière sèche (MS) des 8 ETM dans les sédiments de 1996 à 2017



Sources : AELB/AFB/DDTM 44/GPMNSN/Ifremer/Université d'Angers/Université de Nantes/Université de Bordeaux/GIP Loire Estuaire

L'arsenic est présent massivement dans la composition géologique du bassin de la Loire. Il se retrouve ainsi dans l'eau par érosion des roches. Cependant, les activités minières et sidérurgiques contribuent également à sa présence. Au-delà de l'origine naturelle du chrome et du

nickel, ces deux ETM sont principalement issus des activités sidérurgiques. Les apports dans l'environnement se produisent aussi secondairement via les rejets urbains (tels les ruissellements, les eaux usées) ou encore les retombées atmosphériques.

TABLEAU L2 A6b - 2

Principales utilisations des 8 ETM davantage recherchés en Loire, de la Maine à la mer

ETM	Utilisations principales actuelles ou anciennes
Arsenic	Traitement du bois, alliages, équipements électriques et électroniques, chimie
Cadmium	Fabrication de batteries, engrais, pigments, brasage, traitement de surface
Chrome	Secteurs de la métallurgie, de la chimie, traitement de surface, pigment, traitement du bois
Cuivre	Fils électriques, laminés, tubes, alliages, pigments, pesticides
Mercuré	Industrie du chlore, fabrication d'amalgames dentaires, thermomètres
Nickel	Aciers inoxydables, alliages de nickel, traitement de surface (nickelage)
Plomb	Batteries au plomb, additif pour essence, verrerie (pigments), toitures
Zinc	Galvanisation, fabrication du laiton et d'autres alliages, piles électriques, pigments

Sources : GIP Loire Estuaire

Les rejets des activités humaines ont toutefois diminué depuis les années 1970 (date des premières données ponctuelles), avec la fermeture de certaines industries, l'instauration de réglementations visant à réduire les teneurs des effluents, et l'amélioration des capacités de traitement des stations d'épuration. Par exemple, des rejets de plomb ont eu lieu historiquement

aux fonderies de Couëron pour la fabrication de grenaille et à Paimbœuf avec en moyenne 40 kg/jour par l'usine d'additifs pour essence jusqu'à l'arrêt de cette production en 1993. La plus forte concentration en plomb, mesurée au droit de ce site en 2000 dans les sédiments fins, montre son affinité pour ce type de substrat et sa persistance dans l'environnement.

### Moins de plomb dans les bivalves sur le littoral

La fin de ces rejets industriels en plomb dans l'estuaire depuis 1993 s'est traduite par une diminution des teneurs dans les bivalves sur le littoral, observée à partir de la fin des années 2000.

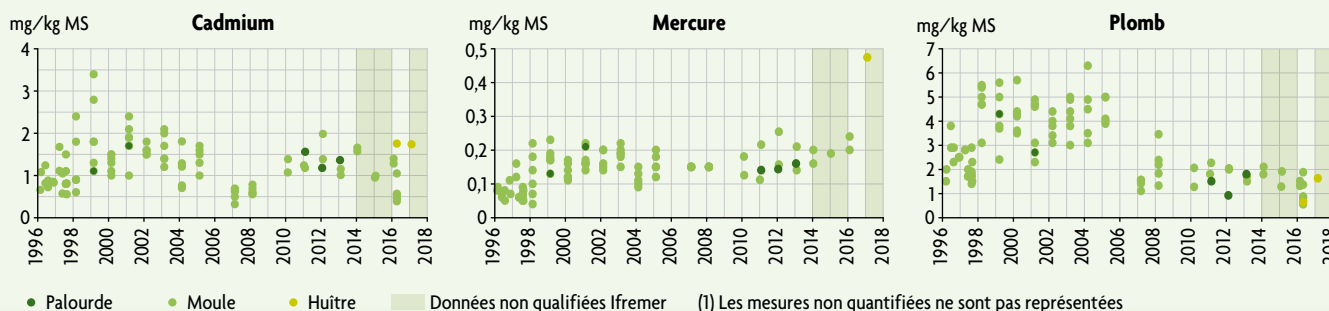
Le cadmium et le mercure sont les deux autres ETM les plus suivis dans les bivalves. Pour autant,

il est difficile de définir leurs tendances sur la période 1996-2017.

Ces teneurs restent en-deçà des limites fixées pour la consommation humaine. Quant au seuil DCE, plus bas pour le cadmium, un dépassement est observé antérieurement à l'établissement de cette réglementation.

GRAPHIQUE L2 A6b - 4

Evolution des teneurs en cadmium, mercure et plomb dans les bivalves sur le littoral de 1996 à 2017 <sup>(1)</sup>



Sources : AELB/ARS 44/Ifremer/GIP Loire Estuaire

Une étude a été menée en 2009 sur les teneurs en mercure dans les anguilles à La Possonnière, Saint-Géréon et Cordemais. Les concentrations sont du même ordre que dans les bivalves.

Selon leurs formes moléculaires, les modes et durée d'exposition, les ETM peuvent présenter une toxicité différente. Mercure, plomb et cadmium sont parmi les plus toxiques : de faibles

doses peuvent induire des effets néfastes pour les organismes vivants. Couplé avec d'autres atomes, les métaux peuvent former des composés organo-métalliques (micropolluants organiques), comme le TBT ou tributylétain utilisé massivement comme anti-fooling dans les peintures des bateaux avant son interdiction en 2008 (arrêt des applications dès 2003).

## Dans l'eau : des normes uniquement en eau douce

À titre indicatif, par comparaison aux normes réglementaires qui s'appliquent en eau douce (stations entre Nantes et Les Ponts-de-Cé), 70 dépassements sont calculés à partir des 6700 mesures réalisées dans l'eau, de 1996 à 2017. La production d'eau potable a néanmoins toujours

été possible. Depuis 2012, il s'agit uniquement de dépassements de NQE-MA en arsenic, cuivre et zinc. Aucun dépassement pour le nickel.

Les NQE-MA et NQE-CMA pour la masse d'eau de transition ne s'appliquent plus dans l'eau, mais dans les sédiments et les bivalves.

TABLEAU L2 A6b - 3

Nombre de dépassements dans l'eau douce des valeurs réglementaires des ETM de 1996 à 2017

	Entre Les Ponts-de-Cé et Nantes			Entre Les Ponts-de-Cé et l'amont d'Ancenis (MECE)				
	Nb de mesures en eau douce	Limite production eau potable (>valeur en µg/l)		Nb de mesures MECE	NQE-CMA (>valeur en µg/l)		NQE-MA (>valeur en µg/l)	
		Nb	Année		Nb	Année	Nb	Année
Arsenic	865	0 > 100	Sans objet	452	Sans objet	Sans objet	21 > 0,83	2000*; 2004*-2005*; 2008*-2017
Cadmium	888	0 > 5	Sans objet	488	1 > 0,90	2011	0 > 0,15	Sans objet
Chrome	862	3 > 50	2003; 2005; 2011	452	Sans objet	Sans objet	0 > 3,40	Sans objet
Cuivre	844	0 > 1000	Sans objet	452	Sans objet	Sans objet	21 > 1	1996*; 2005*-2017
Mercure	865	2 > 1	1997*; 1999*	446	3 > 0,07	1996*; 2002*-2003*	Sans objet	Sans objet
Nickel	653	Sans objet	Sans objet	354	0 > 34	Sans objet	0 > 4	Sans objet
Plomb	865	2 > 50	1996*; 2011	465	2 > 14	2001*; 2004*	2 > 1,20	2001*; 2004*
Zinc	844	0 > 5000	Sans objet	452	Sans objet	Sans objet	13 > 7,80	2000*-2003*; 2005*-2008*; 2011; 2014; 2016-2017

\* dépassement antérieur à l'établissement de la NQE ou de la limite réglementaire.

Sources : AELB/ARS 44 et 49/GIP Loire Estuaire

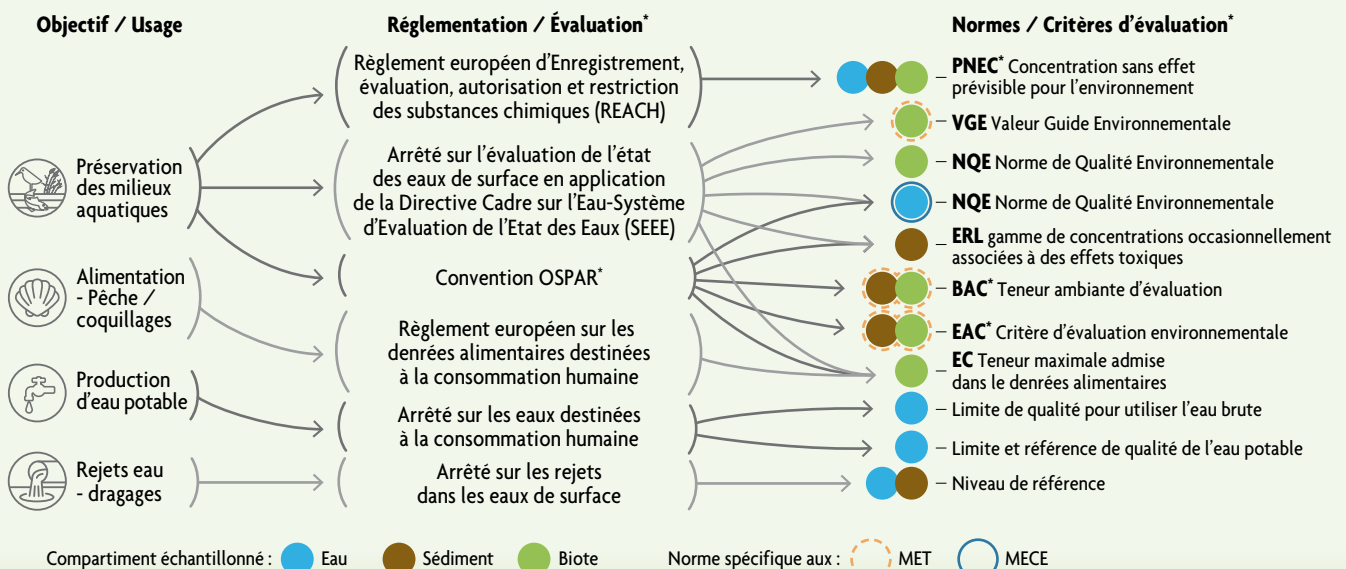
### Informations complémentaires

## Plusieurs référentiels pour qualifier les teneurs en micropolluants

Les référentiels sont réglementaires ou non. Ils s'appuient respectivement sur des normes (caractère obligatoire) ou des critères d'évaluation (caractère indicatif).

FIGURE L2 A6b - 2

Référentiels de qualification des teneurs en micropolluants en Loire, de la Maine à la mer



Source : GIP Loire Estuaire

Le SEEE est le référentiel issu de la Directive européenne Cadre sur l'Eau pour qualifier l'état environnemental des masses d'eau. Il réglemente les teneurs de plusieurs paramètres dans l'eau et/ou les sédiments et/ou le biote, dont 8 ETM :

- en arsenic, cuivre, chrome et zinc, pour l'état écologique des Masses d'Eau Cours d'Eau (MECE) ;
- en cadmium, mercure, nickel et en plomb, pour l'état chimique des MECE et des Masses d'Eau de Transition (MET).

L'état chimique de 2019 des 2 MECE de la Loire - du bec de Vienne au bec de Maine, et du bec

de Maine à Ancenis - montre la présence d'un HAP dans l'eau, alors que celui de la MET estuaire de la Loire souligne la présence de plomb et d'un HAP dans le sédiment. Le classement des masses d'eau est établi avec et sans les substances ubiquistes que sont les HAP. La valeur retenue pour la comparaison à la NQE est la mesure brute en ETM normalisée à 5% d'aluminium, soit une concentration calculée avec ce taux réglementaire, quelle que soit la teneur d'aluminium de l'échantillon *in situ* pour prendre en compte les changements dans la composition physico-chimique des sédiments.

## Sources & Méthodes

L'indicateur est élaboré avec les données des suivis menés, à des fins réglementaires, par l'Agence Régionale de Santé des Pays de la Loire (ARS), le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN), l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, l'Ifremer, la Direction Départemental des Territoires et de la Mer de Loire-Atlantique (DDTM 44), et le GIP Loire Estuaire. L'Agence Française pour la Biodiversité (AFB), le CEREGE, l'Ifremer, l'Université d'Angers, de Bordeaux, de Nantes ont conduit des études ponctuelles, qui ont permis la comparaison avec le suivi long terme.

Les données des sédiments proviennent essentiellement du GPMNSN (tous les 3 ans), celles en eau et dans les bivalves de l'ARS. Les données de l'Ifremer mesurées dans les sédiments et les bivalves sont issues de la base de données Quadrigé<sup>2</sup>. Les données non qualifiées sont incluses au suivi 1996-2017, bien qu'elles soient en cours

de validation. Les concentrations dans les sédiments et le biote sont exprimées en matière sèche (MS) pour être comparables d'un échantillon à l'autre quelle que soit sa teneur en eau. Les prélèvements dans les sédiments sont effectués sur une épaisseur maximale de quelques dizaines de centimètres.

Depuis 1996, les méthodes d'analyse utilisées par les réseaux de surveillance ont évolué. Les concentrations minimales ont ainsi été affinées ces dernières années, en particulier pour l'eau, alors que précédemment, ces teneurs étaient inférieures au seuil de quantification. Davantage de mesures ont alors pu être quantifiées sans pour autant établir une augmentation de la présence des ETM.

Les comparaisons aux normes sont présentées à titre indicatif. La comparaison avec les normes dans le sédiment pour la DCE n'a pas été menée, car elle nécessite une normalisation des données, à laquelle il n'a pas toujours été possible de procéder.

## Des références

Le rapport de 2019 du GPMNSN « Dragages d'entretien et immersions à La Lambarde. Bilan des suivis à mi-parcours des autorisations. Annexe 2 : qualité des sédiments dragués ».

« Evaluation de l'état écologique des masses d'eau de transition dans le cadre de la DCE : étude de la pertinence du suivi des peuplements du microphytobenthos estuarien. Rapport final 2018" de l'Université de Nantes, l'Agence Française pour la Biodiversité, l'Ifremer et

l'Université d'Angers.

« Rapport scientifique final SEMHABEL 2012-2013 » - Suivi Environnemental des Micro-Habitats Benthiques de l'Estuaire de la Loire, piloté par l'Université d'Angers, et auquel a participé l'Université de Bordeaux pour les ETM.

L'étude « L'état de la contamination de la Loire sur les 100 dernières années » de l'Université de Tours, en 2010.



Établissement public du ministère chargé du développement durable



UNION EUROPÉENNE  
Fonds Européen de Développement Régional



Cette fiche appartient au CAHIER 2002 INDICATEURS édité par le GIP Loire Estuaire • 22, rue de la Tour d'Auvergne 44200 NANTES • Tél. : 02 51 72 93 65 • Télécopie : 02 51 82 35 67 • E-mail : gip@loire-estuaire.org • Rédaction : GIP Loire Estuaire • Maquette : Jean-Luc Hubiche • Réalisation / illustrations : Com'caféine, GIP Loire Estuaire • Crédits photo : Ph. Graindorge, GERPHO - GIP Loire Estuaire • Impression : Offset 5 Edition • ISSN : en cours.

Cette opération est cofinancée par l'Union européenne. L'Europe s'engage sur le bassin de la Loire avec le Fonds Européen de Développement Régional.



© 2020 - 5706