

Découvrez un ensemble de documents, scientifiques ou techniques,
dans la base Archimer : <http://www.ifremer.fr/docelec/>

ifremer

**Direction de l'Environnement et de l'Aménagement
Littoral**

Laboratoire côtier de Port-en-Bessin

Lampert Luis

RST.DEL/03-08/Port en Bessin

**Suivi de la contamination métallique et
organique de lots de moules (*Mytilus edulis*)
implantés au port de Goury (Manche)
Année 2002-2003**



Port de Goury – DEL/Port-en-Bessin

Contrat COGEMA N° 5004671

Décembre 2003

SOMMAIRE

1. Introduction	2
2. Matériel et méthodes	3
2.1. <i>Données du réseau RNO</i>	3
2.2. <i>Implantation du lot de moules</i>	5
2.3. <i>Protocoles analytiques</i>	7
2.4. <i>Données météorologiques</i>	8
3. Résultats	8
3.1. <i>Météorologie</i>	9
3.2. <i>Métaux lourds</i>	10
Plomb	10
Cadmium	12
Mercure	13
Cuivre	15
Zinc	16
Cobalt	17
Nickel	18
Chrome	19
Fer	20
Manganèse	20
Aluminium	21
3.3. <i>Organochlorés</i>	22
DDT+DDE+DDD	22
Lindane	23
PCB	24
3.4. <i>HAP</i>	25
4. Conclusions	27
5. Bibliographie	28



Suivi de la contamination métallique et organique d'un lot de moules (*Mytilus edulis*) implanté au port de Goury (Manche) – Année 2002-2003.

Rapport Luis Lampert (DEL/PB).

Prélèvements et Analyses Albert Aubray (Cogema),
Frank Maheux (DEL/PB),
Franck Jacqueline (DEL/PB),
Claude Etourneau (DEL/PB).

Participation Hervé du Boullay (DEL/PB),
Ronan Le Goff (DEL/PB).



1. Introduction

La présente étude, contractualisé avec la COGEMA, a pour objectif de suivre les contaminations organiques et métalliques de lots de moules (*Mytilus edulis*) implantés au port de Goury, dans le nord ouest du Cotentin. Elle constitue le volet préliminaire de la surveillance du site de La Hague, définie par l'arrêté interministériel du 10 janvier 2003 et à mettre en place à partir de 2003.

Les contaminants suivis sont les métaux lourds, les organochlorés et les hydrocarbures. Il ne s'agit ici que d'un premier suivi, portant sur un seul lot de moules implanté entre le 12 juin 2002 (moules en provenance du secteur conchylicole de Grandcamp-Maisy dans le Calvados) et le 20 mars 2003 dans le cadre des essais de suivi de contaminants effectués par la COGEMA depuis deux ans.

Il est donc prématuré de tirer des conclusions sur les tendances évolutives des contaminants générées par les rejets non actifs de la COGEMA. Cette étude a néanmoins permis de définir la méthodologie du suivi, à développer à l'avenir.

2. Matériel et Méthodes

Nous avons pu analyser un lot de moules mis en place au port de Goury le 12 juin 2002 et récupéré le 20 mars 2003. Les analyses effectuées sont celles imposées par l'arrêté interministériel du 10 janvier 2003 :

- Métaux lourds : Cuivre, Cobalt, Nickel, Cadmium, Mercure, Plomb, Aluminium, Fer, Manganèse, Chrome et Zinc ;
- Composés organochlorés et hydrocarbures : DDT+DDE+DDD, Lindane, PCB et HAP.

En l'absence d'une série temporelle sur les points COGEMA, nous comparerons les premières valeurs obtenues à celles des dernières années des points du réseau national de surveillance RNO les plus proches, ainsi qu'aux dernières moyennes nationales disponibles (série 1998 à 2001).

Les résultats de cette étude sont comparés avec les données obtenues sur le littoral normand et les médianes nationales ; celles-ci sont calculées à partir des données des trois dernières années de mesure (de 1999 à 2001 pour les métaux, de 1999 à 2000 pour le CB₁₅₃, le lindane et les DDT (DDT+DDD+DDE), et de 1998 à 2000 pour les HAP). Les valeurs analytiques inférieures au seuil de détection sont validées avec cette valeur seuil, sauf dans le cas des hydrocarbures, où elle est prise égale à zéro dans la somme des HAP.

Enfin, pour certains des contaminants, dont le suivi est rendu obligatoire par l'arrêté du 10 janvier 2003 (mais qui ne sont pas suivis dans le cadre du RNO, cas du fer, du manganèse et de l'aluminium), nous avons effectué des comparaisons entre les niveaux de contamination entre l'état « zéro », à la date d'implantation du lot de moules, et neuf mois plus tard, le 20 mars 2003.

2.1. Données du réseau RNO

Les données de contamination dans les lots de moules implantés seront comparées aux données du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO).

Le réseau RNO a pour objectif l'évaluation des niveaux et des tendances des contaminants chimiques et des paramètres généraux de la qualité du milieu, ainsi que la surveillance des effets biologiques des contaminants. Créé en 1974 par le Ministère chargé de l'Environnement (MEDD), il est coordonné par l'IFREMER. Les trois grands volets structurant le réseau ont été mis en place successivement :



- 1974 : Paramètres généraux de qualité : mesures dans l'eau,
- 1979 : Contaminants : mesures dans les organismes et dans les sédiments,
- 1991 : Effets biologiques : suivis expérimentaux.

Les données du RNO permettent à la France de remplir ses obligations dans le cadre de certaines conventions internationales.

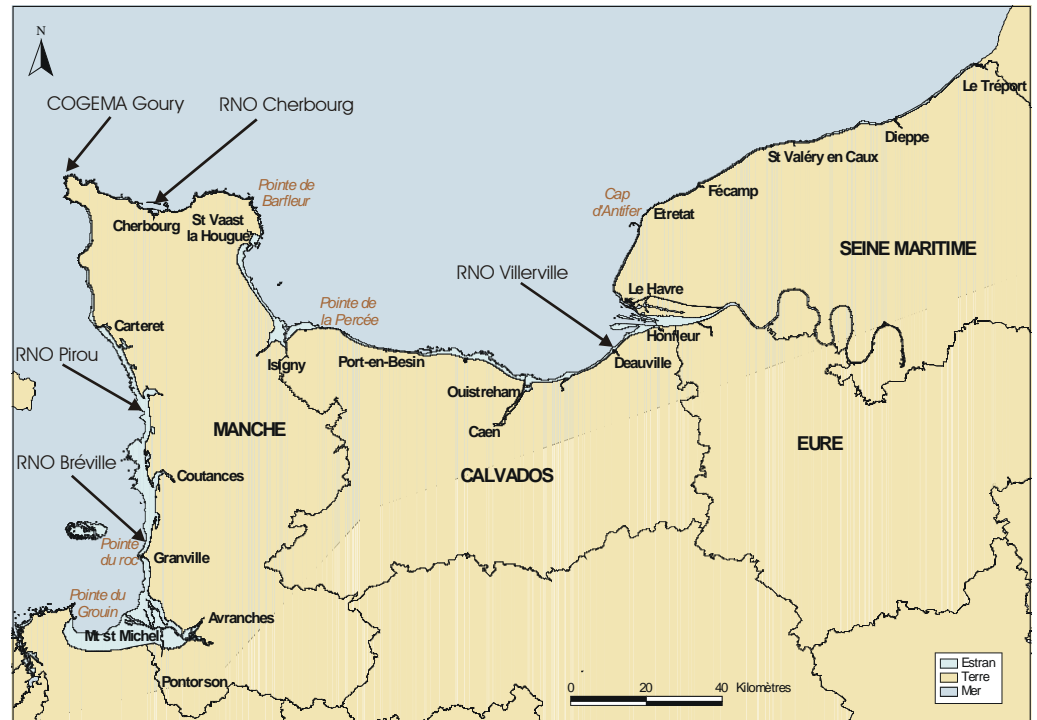
Plusieurs documents Ifremer reprennent les résultats marquants par année et les modifications dans les méthodes : Documents annuels du réseau RNO, Stanisière, 2001 ; Stanisière et Andral, 2001 ; Andral *et al.*, 2001 ; Andral et Stanisière, 1999. La fréquence d'échantillonnage du RNO était, depuis la mise en place du réseau, de quatre prélèvements par an centrés sur les mois de février, mai, août et novembre. Depuis 2002, cette fréquence est passée à deux échantillons par an.

Les paramètres étudiés par le réseau RNO sont :

Contaminants mesurés dans la matière vivante
Métaux : mercure (Hg), cadmium (Cd), plomb (Pb), zinc (Zn), cuivre (Cu).
Organochlorés : DDT, DDD, DDE, lindane (g -HCH), a -HCH, polychlorobiphényles (Congénères 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 180).
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Dibenzo(a,h)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène.

C'est dans ce cadre que seront étudiés les analyses obtenus à l'issu du programme de surveillance mis en place par la COGEMA et en application de l'arrêté interministériel du 10 janvier 2003. Il est en effet possible de comparer, pour les mêmes contaminants, les résultats obtenus sur le point du port de Goury avec l'ensemble des résultats RNO sur le plan régional et national. Les points RNO de Basse Normandie sont positionnés sur la figure 1.

Figure 1 :
Situation des points
RNO et COGEMA
sur le plan régional.



Depuis 1994, les niveaux des contaminations par les HAP sont donnés par la somme de 15 molécules d'hydrocarbures (au lieu de 16 mesurées initialement, car les résultats sur l'acénaphthylène sont peu fiables).

Depuis 1979 la stratégie du RNO a évolué pour plusieurs contaminants. Par exemple, depuis 1992 les teneurs en PCB étaient exprimées par la somme des concentrations de huit congénères (CB 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 180) et non plus en équivalent de mélange technique (Aroclor 1254). Depuis peu, le CB₁₅₃ seul est utilisé pour représenter la contamination par le PCB. En effet, les difficultés analytiques des PCB induisent un nombre de valeurs manquantes non négligeable pouvant fausser la somme des huit congénères mesurés.

2.2. Implantation du lot de moules

Le point de suivi où le lot de moules est implanté se situe au nord-ouest du port de Goury dans un ancien puits construit sur la falaise rocheuse (sonde marine de -4 m environ). Un grillage en acier galvanisé, fermé par un cadenas, protège l'accès aux poches contenant les moules (figures 2 et 3).

Figure 2 :
Position des poches
à moules au port de
Goury.

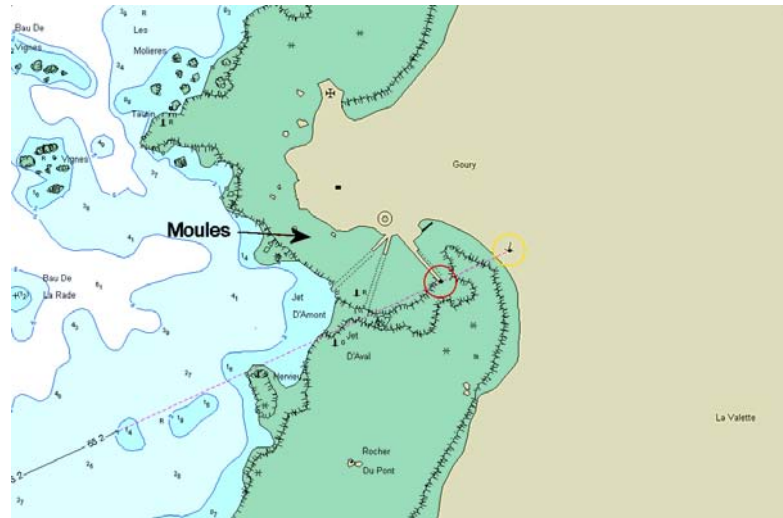


Figure 3 :
Port de Goury.
Détail du puit
grillé où les
moules sont
entreposées.



Les moules, en provenance de parcs du secteur de Grandcamp-Maisy, sont laissées sur le point de suivi de Goury pendant trois mois au minimum afin d'assurer l'équilibre cinétique des contaminants.

La prise des échantillons pour analyses a été effectuée le 20/03/2003. Les moules ont été transportées au laboratoire de l'IFREMER de Port-en-Bessin, décortiquées et conditionnées pour leur envoi pour analyses au laboratoire de Rouen (Laboratoire agréé RNO).

2.3. Protocoles analytiques

Biométrie

50 individus sont prélevés au hasard dans la poche après 18h à 24h d'épuration dans un bac rempli d'eau filtrée à 30 µm. La chair totale est prélevée avec des gants en polyéthylène et au moyen d'un bistouri en inox pour mise en Büchner 30 minutes. Pour chaque échantillon, un poids net égoutté d'environ 250 mg est congelé pour analyse selon les procédures RNO.

La hauteur maximale des coquilles est mesurée au moyen d'un pied à coulisse au 1/10^{ème} de mm. Les coquilles vides sont nettoyées et séchées à l'étuve à 110°C pendant 2 heures, puis pesées afin d'obtenir l'indice de condition (IC) qui est le rapport du poids sec de la chair sur le poids sec des coquilles.

Contaminants métalliques :

Pb – Zn – Cd – Cu : La préparation est effectuée suivant le document IFREMER DERO 89-07-MR sur une prise d'essai de 0,5 g. Les dosages sont réalisés par spectrométrie d'absorption atomique four ou flamme suivant la concentration de l'élément à analyser.

Hg : sur la minéralisation effectuée pour les éléments Pb – Zn – Cd et Cu, une prise d'essai de 10 ml est effectuée. Après bromisation, le dosage est effectué par fluorescence atomique après formation de vapeurs froides en présence de chlorure stanneux.

Ni – Cr : La préparation est effectuée d'après le document IFREMER DERO 89-03-MR. Le dosage est réalisé par spectrométrie d'adsorption atomique four graphite.

Al – Fe – Mn : La préparation suit la procédure du document IFREMER « Dosage de certains métaux » (Chiffolleau *et al.*, 2003).

Contaminants organiques :

Pesticides organochlorés et PCB : Les extraits organiques sont purifiés par de l'acide sulfurique concentré et par du mercure et du cuivre. Après ajout de l'étalon interne (décachlorobiphényle), l'analyse est réalisée par chromatographie capillaire en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons.

- colonne : 60 m DB5 ; 0,25 mm ; 0,25 µm
- injecteur : spittless 270 °C
- gaz vecteur : hydrogène
- injection automatique

Hydrocarbures polycycliques Aromatiques (HAP) : les extraits organiques sont purifiés sur colonne de gel de silice (Seppak). Après reprise des extraits par de l'acétonitrile, l'analyse est réalisée par chromatographie haute performance (HPLC) couplée à un détecteur à fluorescence de longueurs d'ondes d'excitation et d'émission programmable.

- colonne / Vydack 201 TP, 25 cm, 4,6 mm
- mode phase inverse
- volume injecté : boucle de 10 µm
- four colonne : 30 °C
- injection automatique
- Fluoranthène, Benzo (b) fluoranthène : excitation 260 nm, émission 420 nm
- Benzo (k)fluoranthène, Benzo (a) pyrène, Benzo (ghi) pérylène : excitation 290 nm, émission 430 nm
- Indéno (1,2,3-cd) pyrène : excitation 300 nm, émission 500 nm.

2.4. Données météorologiques

Les données météorologiques ont été synthétisées à partir des fichiers mensuels communiqués par METEO-FRANCE pour le département de La Manche avec des séries temporelles de température de l'air et de pluviométrie acquises depuis 1949.

3. Résultats

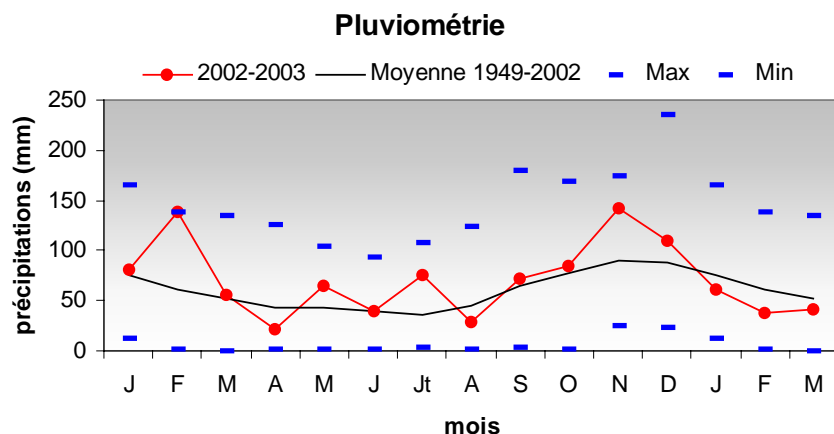
Les résultats présentés ici sont issus d'une première tentative de suivi des contaminants dans la matière vivante entreprise en 2001 par la COGEMA et qui a abouti à l'analyse de contaminants métalliques et organiques du lot de moules implanté au port de Goury le 12 juin 2002 et prélevé le 20 mars 2003.



3.1. Météorologie

3.1.1. Pluviométrie

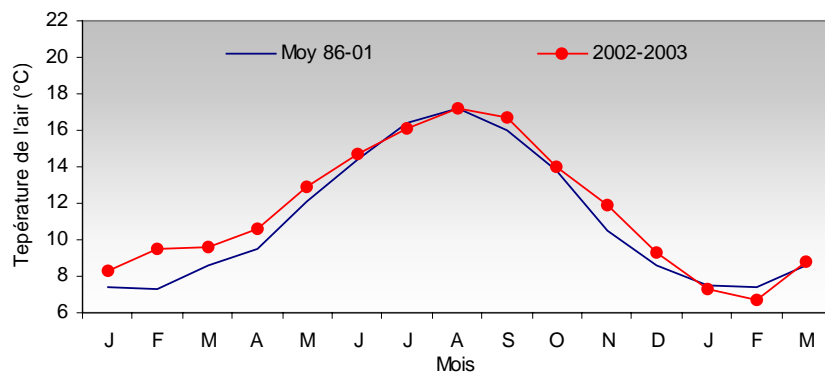
Figure 4 :
Pluie (mm) par mois en
2002-2003 et moyenne,
maximum et minimum
sur la période 1949-
2002. Données Météo-
France sur La Hague.



La série temporelle enregistrée sur le site de La Hague par Météo-France montre un mois de février 2002 particulièrement pluvieux car il a représenté le maximum de la série 1949-2002 (figure 4). La pluviométrie a par la suite oscillé autour de la moyenne jusqu'au mois d'octobre 2002. Les mois de novembre et de décembre 2002 ont présenté des valeurs supérieures à la moyenne. La pluviométrie des trois premiers mois de l'année 2003 a, en revanche, été inférieure aux moyennes 1949-2002.

3.1.2. Température de l'air

Figure 5 :
Température de l'air
moyenne mensuelle en
2002-2003 et moyenne
sur la période 1949-
2002. Données Météo-
France.



Depuis plusieurs années les hivers ont été de plus en plus doux, ce qui est bien représenté par les valeurs de température des mois de janvier à mars 2002 (figure 5). L'hiver 2003 a montré une discontinuité dans cette tendance avec des températures en dessous des moyennes aux mois de janvier et de février

2003. Les mois de novembre et de décembre 2002 ont présenté des valeurs au dessus des moyennes pluriannuelles.

En conclusion, la météorologie de la période au cours de laquelle s'est déroulé ce suivi n'a pas été particulièrement atypique et n'a, à priori, pas d'incidence particulière sur la physiologie du lot de moules étudié.

3.2. Métaux lourds

Synthèse des résultats analytiques

Le tableau 1 présente les résultats de contaminations par les métaux obtenus pour le lot de moules implanté au port de Goury le 12 juin 2002 et récolté le 20 mars 2003. La précision des méthodes analytiques utilisées pour les métaux se situe entre 5% et 10%.

Tableau 1 :
Concentrations en métaux lourds pour le point COGEMA de Goury le 20 mars 2003 en $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps).

Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Mn	Al	Fe
2.7	1.5	0.24	6.6	128	0.6	1.4	0.9	6.4	54	233

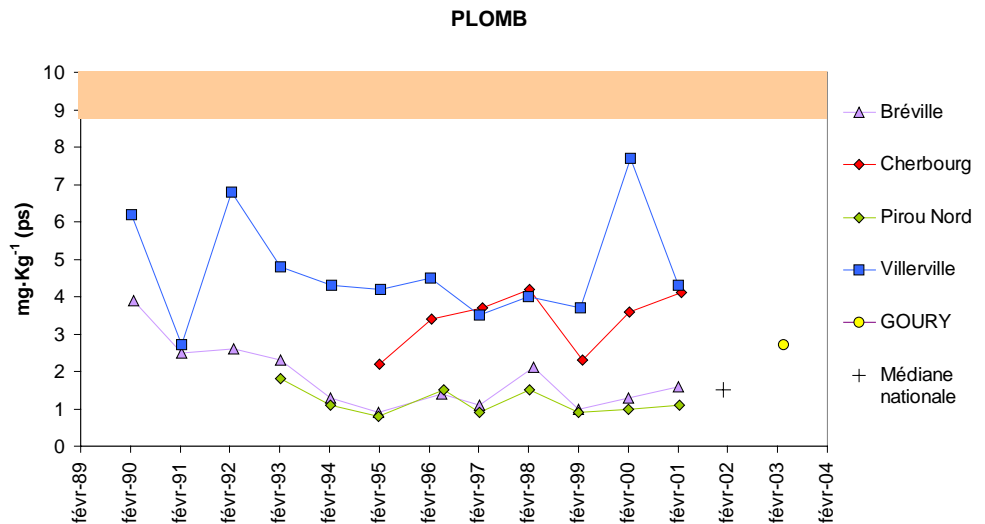
PLOMB

Rarement disponible à l'état natif ; le plomb est présent dans de nombreux minerais, notamment le galène (PbS). Utilisé pour la fabrication d'accumulateurs et comme antidétonant dans les carburants, il arrive majoritairement en milieu marin par les apports atmosphériques.

Les formes inorganiques sont moins écotoxiques que les formes organiques (composés alkylés) qui inhibent la croissance du phytoplancton. Le plomb peut également provoquer des anomalies dans le développement embryonnaire des bivalves.

Le règlement européen N° 221/2002 qui a pris application le 6 février 2002 fixe la teneur maximale en plomb dans les mollusques bivalves à $1,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de poids humide. Les résultats du RNO étant exprimés en poids sec, il convient d'appliquer un facteur de conversion de 0,17 (rapport du poids sec sur poids humide du lot de moules analysé) aux valeurs observées pour les comparer aux seuils sus-mentionnés. Ce seuil est matérialisé par la zone orange de la figure 6.

Figure 6 :
Concentrations en plomb à Goury et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (1999-2001).

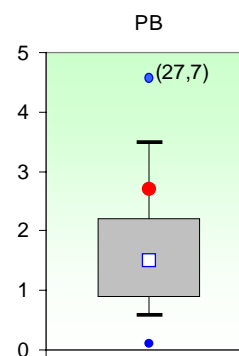


L'évolution des valeurs des sites régionaux depuis 1990 montre que les plus fortes valeurs sont situées entre Cherbourg et l'embouchure de la Seine. La valeur obtenue à Goury le 20 mars 2003 se trouve en position intermédiaire entre les valeurs observées au sud et à l'est du point d'échantillonnage. Cette valeur est légèrement supérieure à la médiane nationale.

Figure 7 :
Boîte à moustaches présentant les valeurs de plomb sur la série nationale RNO (1999-2001) en mg·kg⁻¹ (ps).

Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┆). Les point extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●).

Le point rouge représente la valeur obtenue à Goury en 2003 (●).



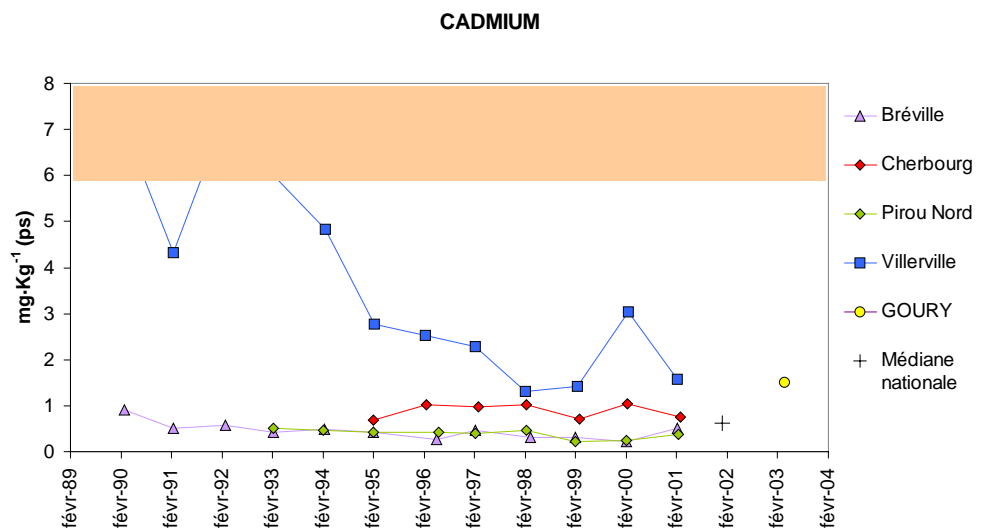
La figure 7 présente la valeur de la médiane nationale avec la dispersion des valeurs. Nous observons que la valeur observée à Goury se trouve située entre 50% et 80% des valeurs observées par le réseau RNO de 1999 à 2001 sur l'ensemble de la France métropolitaine.

CADMIUM

Le cadmium n'existe pas à l'état natif. Son minerai, très rare, est un sulfure, la greenockite (CdS), mais il se trouve dans presque tous les minerais de zinc et il est exploité industriellement comme un sous-produit de la métallurgie du zinc. Il est principalement utilisé pour la fabrication de batteries et le traitement de surfaces des aciers (revêtements anti-corrosion). Il est également employé pour la décoration des porcelaines, en peinture, en caoutchouerie, en émaillerie et pour la fabrication des antiseptiques. En milieu marin, le cadmium provoque des effets sur le développement larvaire de certains organismes, notamment les crustacés. Les processus responsables de la détoxification des molécules organiques sont par ailleurs inhibés par le cadmium.

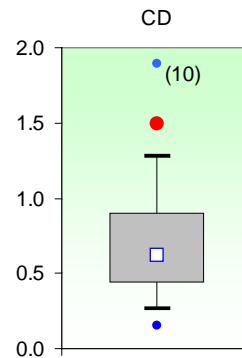
Le règlement européen N° 466/2001 qui a pris application le 5 avril 2002 fixe la teneur maximale en cadmium dans les mollusques bivalves à $1 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de poids humide. Les résultats du RNO étant exprimés en poids sec, il convient d'appliquer un facteur de conversion de 0,17 aux valeurs observées pour les comparer aux seuils sus-mentionnés. Ce seuil est matérialisé par la zone orange de la figure 8. Ainsi ce seuil est égal à $5,9 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ en poids sec.

Figure 8 :
Concentrations en cadmium à Goury et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (1999-2001).



La valeur observée à Goury est similaire à celle observée sur le point RNO de Villerville, et légèrement supérieure à la médiane nationale. Toutes ces valeurs restent inférieures au seuil européen de $1 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ph] ($5,9 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps]). Seules les valeurs de Villerville antérieures à 1994 ont dépassé ce seuil. Les valeurs observées à Goury restent cependant supérieures à celles des points RNO proches.

Figure 9 :
Médiane nationale
RNO de cadmium et
valeur à Goury le
20/03/2003.



La figure 9 présente la valeur de la médiane nationale avec la dispersion de l'ensemble de valeurs. Nous observons que la concentration en cadmium à Goury est supérieure à 80% des valeurs. Cependant elle reste très inférieure à la valeur maximale de $10 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps) observées par le réseau RNO de 1999 à 2001.

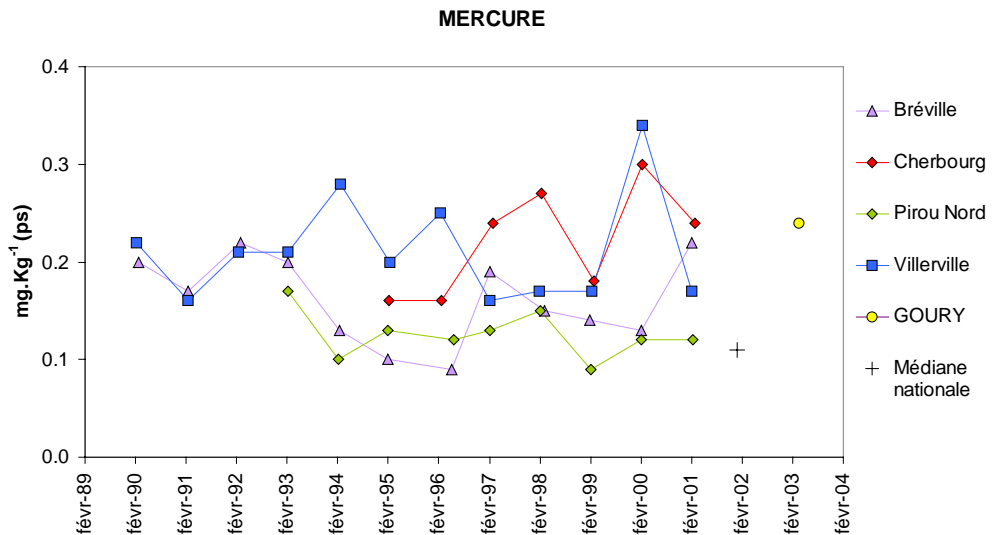
MERCURE

Les composés du mercure connaissent de nombreuses utilisations : industrie chimique, agriculture (fongicide), traitement du bois, explosif d'amorçage, piles ou batteries, plastiques et caoutchoucs. Le mercure pur est utilisé sous forme métallique, comme électrode dans la fabrication de la soude et du chlore. Il est utilisé dans la fabrication d'instruments de mesures (thermomètres, baromètres, etc), d'appareillages électriques (contacts au mercure, etc.) et dans les lampes à décharge.

Le mercure est le plus toxique des métaux traces, plus particulièrement sous ses formes organiques. La méthylation du mercure est effective dans les sédiments sous l'action des microorganismes et, dans la colonne d'eau, en présence de phytoplancton. La croissance du plancton et de larves de bivalves est retardée à de très faibles concentrations. La bioaccumulation du mercure est très importante dans les chaînes trophiques ; des concentrations en méthylmercure toxiques pour l'homme peuvent être atteintes dans la chair de poissons situés en fin de chaîne alimentaire (thonidés, squalés).

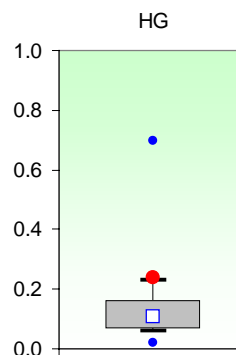
Le règlement européen N° 466/2001 qui a pris application le 5 avril 2002 fixe la teneur maximale en mercure dans les mollusques bivalves à $0,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de poids humide. Les résultats du RNO étant exprimés en poids sec, il convient d'appliquer un facteur de conversion de 0,17 aux valeurs observées pour les comparer aux seuils sus-mentionnés. Ainsi ce seuil est égal à $2,9 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ en poids sec.

Figure 10 :
Concentrations en mercure à Goury et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (1999-2001).



La valeur en mercure observée à Goury en mars 2003 est comparable à celles observées en 2001 à Cherbourg, Breville et Villerville (figure 10). La valeur du point RNO de Pirou, plus proche de Goury que Bréville, se situe très près de la médiane nationale.

Figure 11 :
Médiane nationale RNO du mercure et valeur à Goury le 20/03/2003.

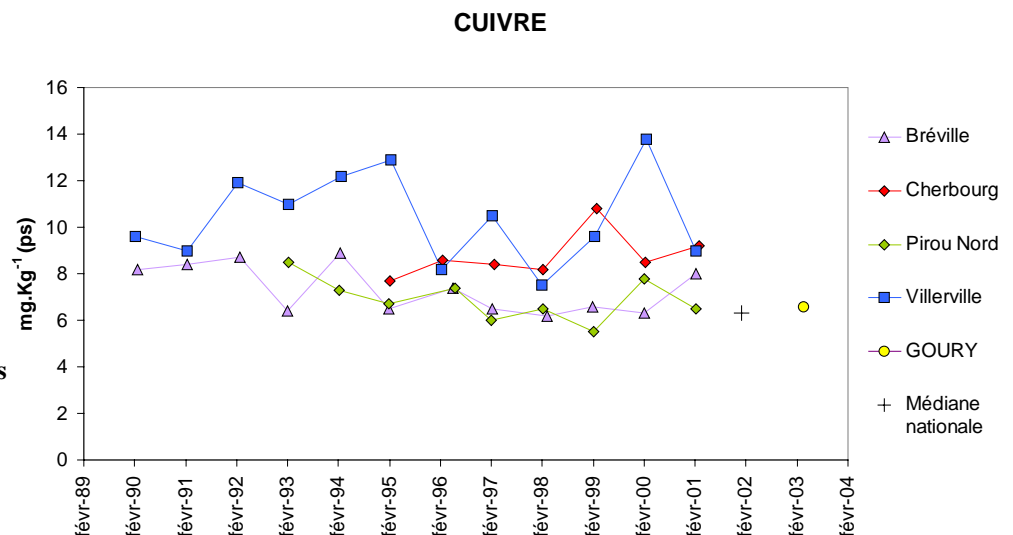


La figure 11 présente la valeur de la médiane nationale avec la dispersion des valeurs. Nous observons que la concentration en mercure à Goury se trouve située sur la moustache supérieure (80%). Elle reste cependant très inférieure à la valeur maximale de 0,7 mg.Kg⁻¹ (ps) observées par le réseau RNO de 1999 à 2001 et du seuil sanitaire européen fixé à 2,9 mg.Kg⁻¹ [ps].

CUIVRE

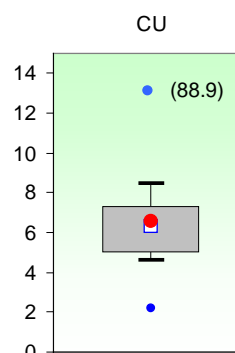
Son emploi est extrêmement diversifié, sa toxicité étant mise à profit dans les peintures antisalissures (en remplacement du tributylétain), dans le traitement des bois et dans des produits phytosanitaires (désherbants, insecticides, fongicides). Le cuivre est un matériau de base de l'industrie électrique (en concurrence avec l'aluminium) et de la construction (conduites d'eau). Ses qualités mécaniques rendent possibles de nombreux procédés d'usinage (emboutissage, forgeage, laminage, matricage, tréfilage). Il agit sur le développement embryonnaire des bivalves et sur la croissance du phytoplancton.

Figure 12 :
Concentrations en cuivre à Goury, sur les sites RNO régionaux et médiane nationale (1999-2001).



Les valeurs observées sur les points de Cherbourg et Villerville sont supérieures à celles observées plus au sud de Goury (figure 12). La concentration en cuivre observée à Goury en mars 2003 est du même ordre de grandeur que celles trouvées en 2001 à Pirou et à Bréville et est proche de la médiane nationale RNO de la période 1999-2001 (figure 13).

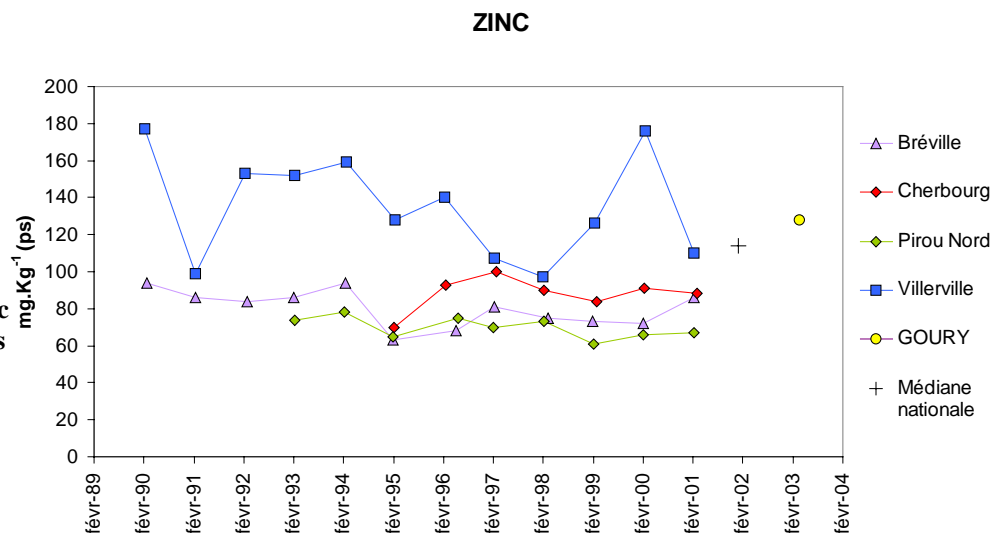
Figure 13 :
Médiane nationale RNO du cuivre et valeur à Goury le 20/03/2003.



ZINC

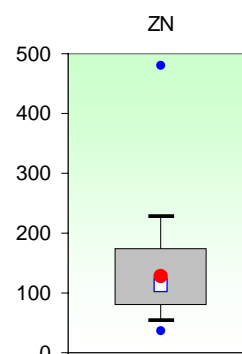
Il s'agit d'un oligo-élément indispensable au développement de la vie. Les usages du zinc sont multiples : peintures antisalissures, produits pharmaceutiques et phytosanitaires, conduits d'évacuation des eaux pluviales (gouttières, tuyaux de descente, etc.) et piles. Une grande partie des apports en zinc dans l'environnement est imputable à la métallurgie, à la combustion des bois et des charbons. Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse à de fortes concentrations sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves

Figure 14 :
Concentrations en zinc à Goury et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (1999-2001).



La valeur obtenue sur le site COGEMA de Goury en mars 2003 est comparable aux valeurs observées à Villerville sur l'embouchure de la Seine (figure 14). La Manche présente des valeurs de concentration en zinc inférieures à la zone atlantique et à la Méditerranée, ce qui se traduit par une médiane nationale proche de la valeur observée à Goury. La figure 15 présente la concentration en zinc à Goury en mars 2003, la médiane nationale de 1999 à 2001 et la dispersions de valeurs.

Figure 15 :
Médiane nationale RNO du zinc et valeur à Goury le 20/03/2003.

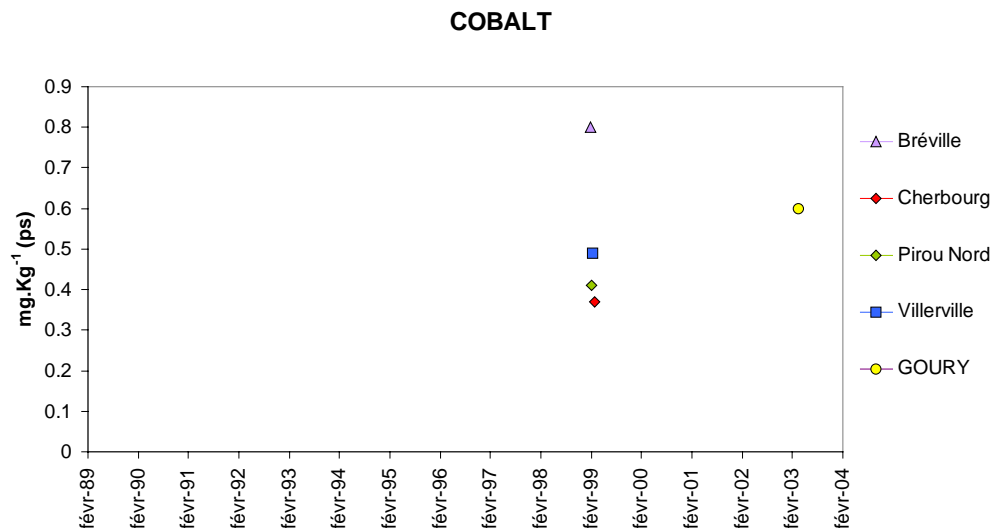


COBALT

Le cobalt n'est pas un élément suivi en routine par le réseau RNO, mais nous disposons de certains résultats obtenus en 1999 sur les points proches de l'usine de La Hague (figure 16).

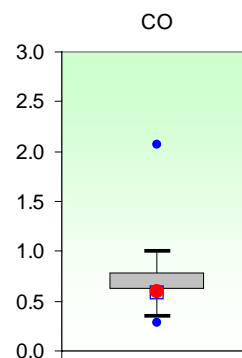
La concentration en cobalt observée à Goury en mars 2003 se trouve entre celles enregistrées à Bréville et le reste des points RNO régionaux.

Figure 16 :
Concentrations en cobalt à Goury et sur les sites RNO régionaux.



A partir des valeurs enregistrées par le réseau RNO en 1999 pour le cobalt sur l'ensemble de la France, nous constatons que les valeurs observées sur la figure 16 sont proches de la médiane (figure 17).

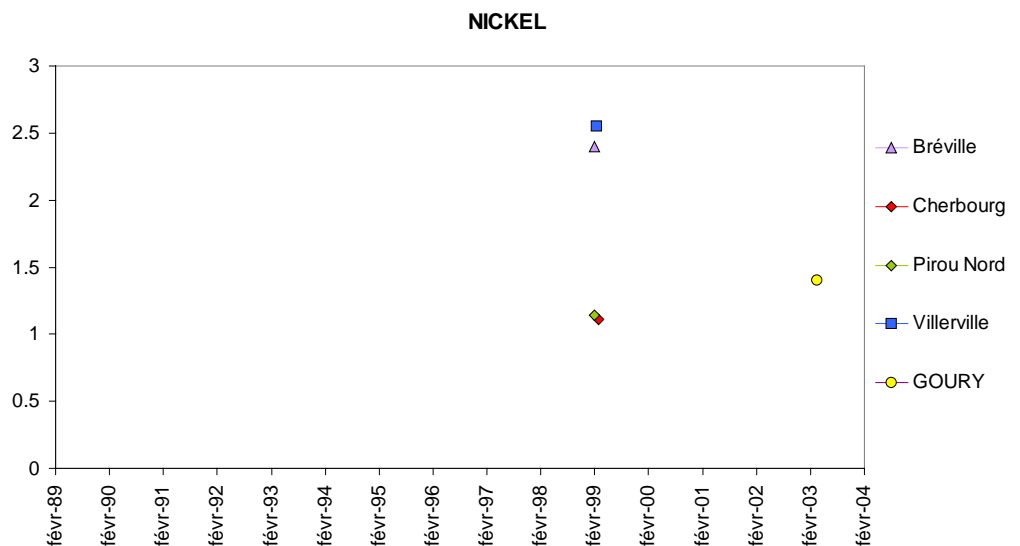
Figure 17 :
Médiane RNO du cobalt en 1999 et valeur à Goury le 20/03/2003.



NICKEL

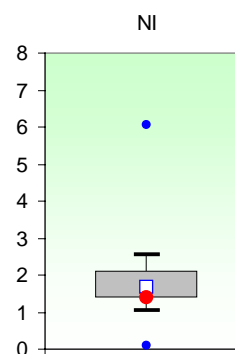
L'introduction de nickel d'origine anthropique vers l'atmosphère provient de l'utilisation des combustibles fossiles et de la production de métaux non ferreux. L'activité volcanique et l'érosion éolienne constituent l'essentiel des flux naturels vers l'atmosphère. Le nickel est beaucoup moins toxique pour les organismes marins que le cadmium ou le mercure. Faiblement bio-accumulable, des effets sur le développement embryonnaire d'invertébrés marins ont cependant été observés.

Figure 18 :
Concentrations en nickel à Goury et sur les sites RNO régionaux.



Le nickel n'est pas un élément suivi en routine par le réseau RNO, mais nous disposons de certains résultats obtenus en 1999 sur les points proches de l'usine de La Hague (figure 18). La concentration en nickel observée à Goury en 2003 se situe entre les valeurs observées à Villerville–Bréville et Pirou–Cherbourg en 1999.

Figure 19 :
Médiane RNO du nickel en 1999 et valeur à Goury le 20/03/2003.

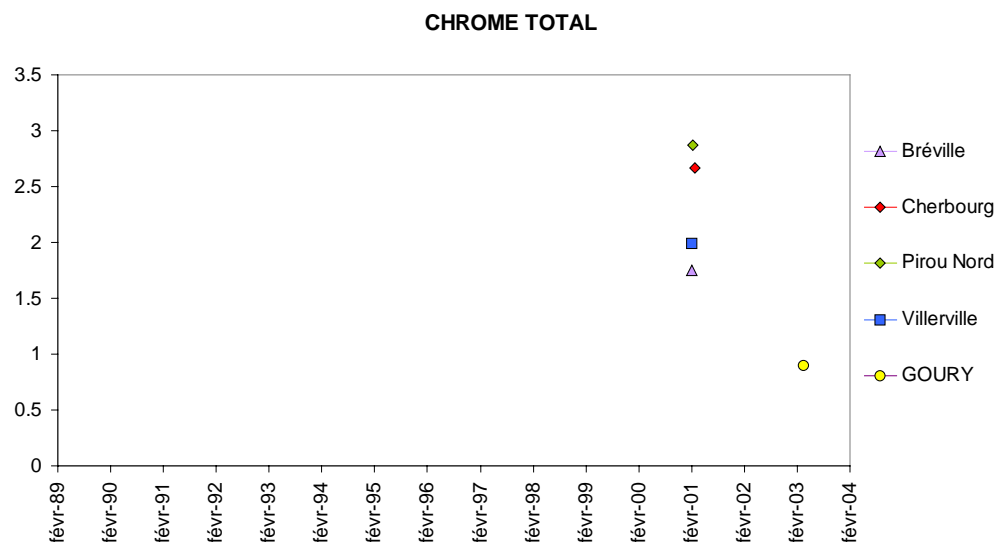


A partir des valeurs enregistrées par le réseau RNO pour le nickel en 1999 sur l'ensemble de la France, nous pouvons constater que les valeurs obtenues à Goury se situent en dessous de la médiane (figure 19).

CHROME

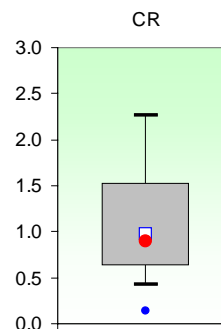
Le chrome fait partie des métaux les plus utilisés (10 millions de tonnes/an) dans le monde (industrie chimique, métallurgie, technologie des réfractaires). La majeure partie du chrome parvenant à la mer depuis le continent provient des fleuves, l'atmosphère constituant une source beaucoup moins importante. Sa forme réduite (Cr III) fait partie des éléments essentiels dans la vie animale, la forme oxydée (Cr VI) est par contre extrêmement toxique, cancérigène à forte dose pour l'homme, et elle provoque des anomalies dans le développement larvaire des bivalves.

Figure 20 :
Concentrations en chrome à Goury et sur les sites RNO régionaux.



Le chrome n'est pas un élément suivi en routine par le réseau RNO, mais nous disposons de résultats obtenus en 2001 sur les points proches de l'usine de La Hague (figure 20). La concentration en chrome constatée en mars 2003 à Goury est inférieure à celles observées en 2001 sur les sites régionaux proches (jusqu'à trois fois inférieure).

Figure 21 :
Médiane RNO du chrome en 2001 et valeur à Goury le 20/03/2003.

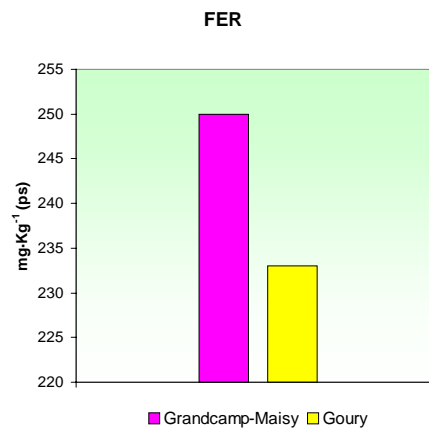


A partir des concentrations enregistrées par le réseau RNO en 2001 pour le chrome sur toute la France, nous pouvons constater que les valeurs obtenues à Goury se situent juste en dessous de la médiane nationale (figure 21).

FER

Le fer n'est pas un élément suivi en routine par le réseau national RNO. Nous pouvons cependant comparer les résultats obtenus sur le point à Goury en mars 2003 avec les valeurs de l'état « zéro » de ces mêmes moules lors de leur prise en charge chez un producteur à Grandcamp-Maisy (Calvados) en juin 2002. Nous avons alors un état « zéro » de contamination des moules avant leur implantation au port de Goury (figure 22). La valeur observée à Goury est inférieure de 7% à celle enregistrée sur les mêmes moules à Grandcamp-Maisy neuf mois plus tôt.

Figure 22 :
Concentrations en fer
du lot de moules sur
Grandcamp-Maisy
(état « zéro ») et après
9 mois d'implantation
à Goury.

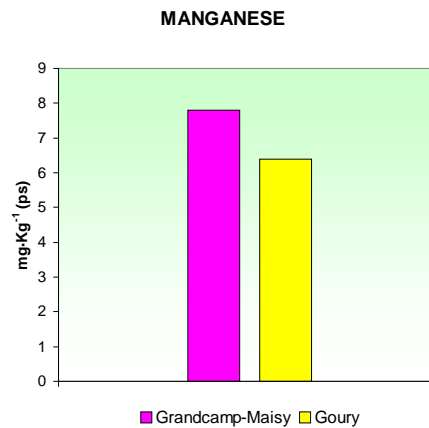


Il faudra attendre plusieurs années pour que la série temporelle soit conséquente et pour réaliser des statistiques permettant d'évaluer une éventuelle tendance pour ce contaminant.

MANGANESE

Le manganèse n'est pas un élément suivi en routine par le réseau national RNO. Nous pouvons cependant comparer les résultats obtenus sur le point Goury en mars 2003 avec les valeurs de l'état « zéro » de ces mêmes moules lors de leur prise en charge à Grandcamp-Maisy en juin 2002. Nous avons alors l'état « zéro » de la contamination de ces moules avant de les introduire au port de Goury (figure 23). La valeur observée à Goury est inférieure d'environ 20% à celle enregistrée sur les mêmes moules à Grandcamp-Maisy neuf mois plus tôt.

Figure 23 :
Concentrations en manganèse du lot de moules sur Grandcamp-Maisy (état « zéro ») et après 9 mois d'implantation à Goury.

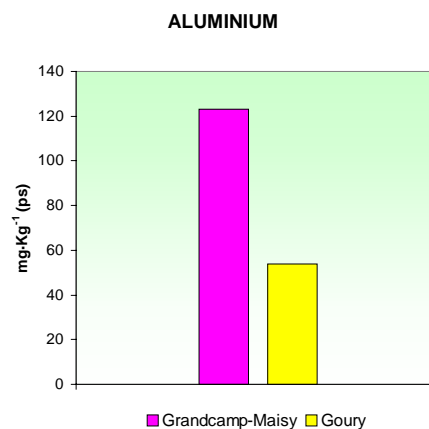


Il faudra attendre plusieurs années pour que la série temporelle soit conséquente pour réaliser des statistiques permettant d'évaluer une éventuelle tendance de ce contaminant.

ALUMINIUM

L'aluminium n'est pas un élément suivi en routine par le réseau national RNO. Nous pouvons cependant comparer les résultats obtenus sur le point Goury en mars 2003 avec les valeurs de l'état « zéro » de ces mêmes moules lors de leur prise en charge à Grandcamp-Maisy en juin 2002. Nous avons alors l'état « zéro » de contamination de ces moules avant de les introduire au port de Goury (figure 24). La valeur observée à Goury est inférieure de 7% à celle enregistrée sur les mêmes moules à Grandcamp-Maisy neuf mois plus tôt.

Figure 24 :
Concentrations en aluminium du lot de moules sur Grandcamp-Maisy (état « zéro ») et après 9 mois d'implantation à Goury.



Il faudra attendre plusieurs années pour que la série temporelle soit conséquente pour réaliser des statistiques permettant d'évaluer une tendance éventuelle de ce contaminant.

3.3. Organochlorés

Pour avoir une comparaison cohérente des résultats obtenus à Goury avec ceux du réseau RNO, nous présenterons les résultats du DDT et de ses métabolites DDD et DDE sommé.

Le Lindane (γ HCH) a été choisi comme marqueur de cette famille d'insecticides. Ce choix est basé sur les études effectuées par le réseau RNO qui ont montré une tendance à la baisse des concentrations dans le milieu plus rapide pour le α HCH que pour le Lindane. Ces choix ont été adoptés au niveau national par le réseau RNO.

Synthèse des résultats analytiques

Le tableau 2 présente les valeurs analytiques de pesticides et PCB obtenues pour le lot de moules introduit au port de Goury le 12 juin 2002 et récolté le 20 mars 2003. La précision des méthodes analytiques utilisées pour les composés organiques se situe entre 10% et 20%.

Tableau 2 :
Concentrations en pesticides et PCB pour le point COGEMA de Goury le 20 mars 2003 en $\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps).

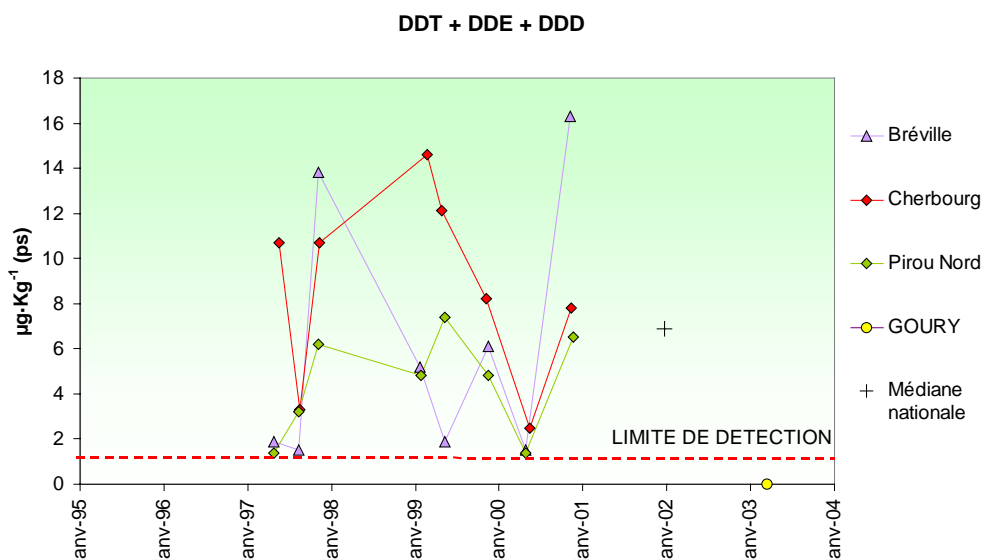
Pesticides										
DDT		DDE		DDD		α HCH		β HCH		γ HCH
<1		<1		<1		2.8		<1		<1
POLYCHLOROBIPHENYLES										
CB28	CB31	CB35	CB52	CB101	CB105	CB118	CB138	CB153	CB156	CB180
3.3	<1	<10	<1	<1	<1	1.5	2.4	3.6	<1	<1

DDT + DDE + DDD

Le DDT, insecticide organochloré utilisé en grandes quantités à partir de 1940 pour la lutte contre les larves et les stades adultes d'insectes (notamment la démoustication), a fait l'objet dès 1972 d'importantes limitations d'emploi et il est interdit en France depuis plus de vingt ans. Le DDD provient de la transformation du DDT en milieu réducteur, c'est à dire principalement dans les sédiments. Le DDE est métabolisé par les organismes. Extrêmement rémanent et bio-accumulable, le DDT est doté d'une forte toxicité. Il provoque des perturbations du métabolisme chez de nombreux organismes terrestres et marins. Il est potentiellement cancérigène et mutagène.



Figure 25 :
Concentrations en
DDT+DDD+DDE à
Goury et sur les sites
RNO régionaux.
Rappel de la médiane
nationale (1999-2000).



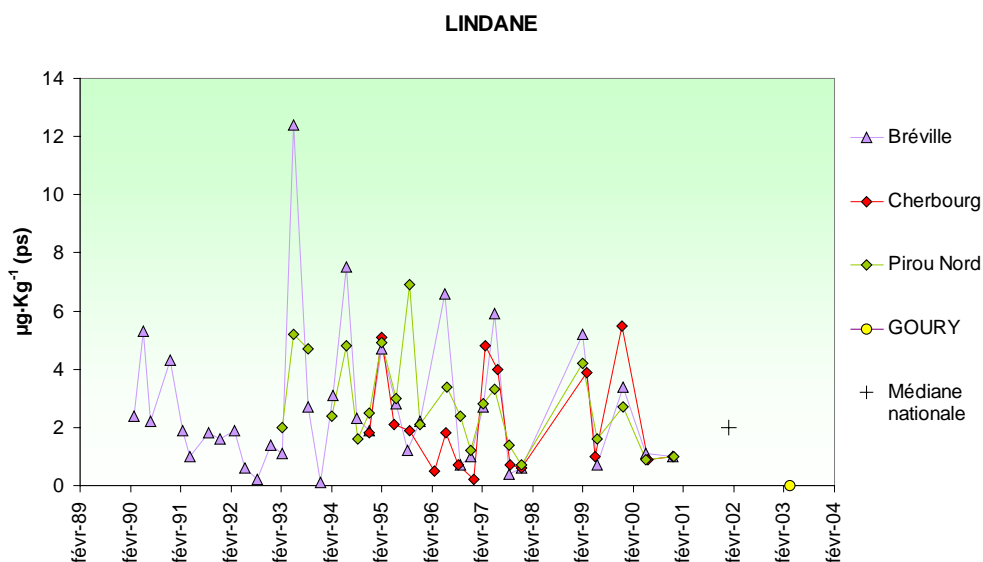
Les valeurs observées sur les points du réseau RNO sont toutes supérieures à $6 \mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps), valeur proche de la médiane nationale (figure 25). La concentration en DDT et métabolites en mars 2003 à Goury a été inférieure au seuil de détection analytique.

La faible activité agricole de la pointe de La Hague peut expliquer ces faibles concentrations en pesticides. Au niveau national, la médiane calculée sur la période 1999-2000 a été de $6,9 \mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps).

γ HCH (LINDANE)

Le gamma hexachlorocyclohexane (Lindane) est un insecticide chloré toxique et rémanent, qui a été largement utilisé pour le traitement des cultures et la lutte contre les moustiques et les termites. L'isomère alpha est un sous produit de fabrication. Les produits commerciaux doivent contenir plus de 99 % de γ HCH pour avoir droit à l'appellation Lindane. Facilement bioaccumulable dans la matière vivante, le Lindane présente une forte toxicité aiguë pour les crustacés. Il a été interdit à l'emploi à compter du 01/08/98.

Figure 26 :
Concentrations en
Lindane à Goury, sur
les sites RNO
régionaux et médiane
nationale (1999-2000).



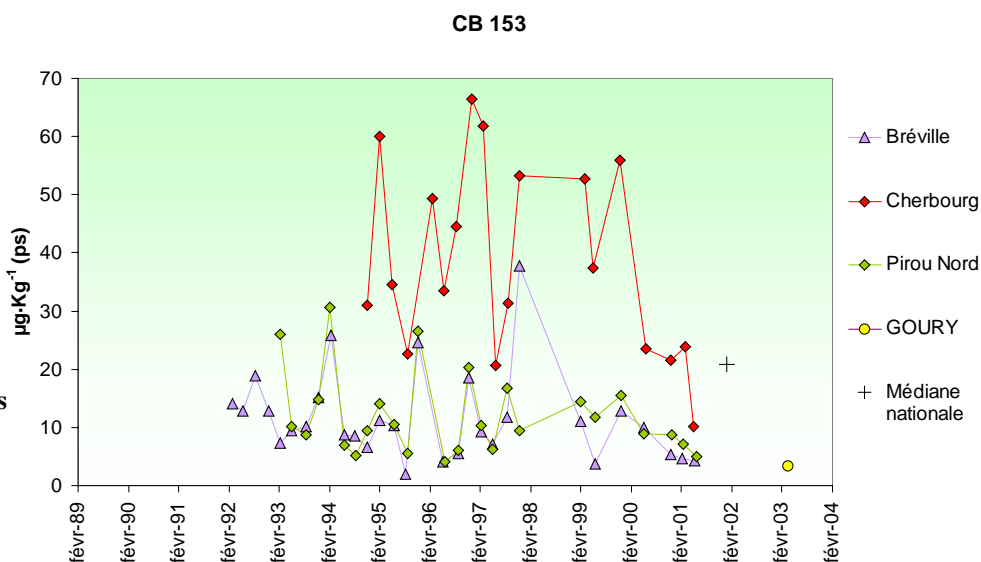
Comme pour le complexe DDT+DDE+DDD, le Lindane se trouve en dessous du seuil de détection analytique. La valeur de la médiane nationale (1999-2000) est de $2 \mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps). La faible activité agricole de la pointe de La Hague peut expliquer ces faibles concentrations en pesticides.

POLYCHLOROBIPHENYLES (PCB)

La présence de résidus de PCB dans l'environnement résulte de leur importante

utilisation comme fluides diélectriques, utilisations strictement réglementées depuis plusieurs années (1973). En plus des pertes lors des remplissages et retraitement des systèmes clos, les rejets urbains, les décharges de matériel usagé et les activités liées à la récupération des matériaux ferreux sont potentiellement des sources d'apport dans l'environnement. En raison de leur persistance, de leur caractère bio-accumulable et de leur toxicité, les PCB font partie des contaminants prioritaires. Ils ne présentent pas de caractère de toxicité aiguë. Par contre, l'exposition chronique à de faibles doses peut être à l'origine de divers dysfonctionnements observés chez les animaux de laboratoire : hypertrophie hépatique, effets cancérigènes, chloro-acné, altération des fonctions reproductrices, etc. L'usage de PCB est interdit en France depuis février 1987. L'estuaire de la Seine est le site français le plus touché par les contaminations aux PCB.

Figure 27 :
Concentrations en
CB₁₅₃ à Goury, sur les
sites RNO régionaux
et médiane nationale
(1999-2000).



Les concentrations en PCB (CB₁₅₃) des échantillons de la rade de Cherbourg sont supérieures à celles observées sur les autres points du réseau RNO proche (figure 27), mais très inférieures à celles enregistrées dans l'estuaire de la Seine. Depuis février 2000, elles sont en diminution : en novembre 2001, l'ensemble des valeurs régionales (hors estuaire de la Seine) se trouvaient en dessous de la médiane nationale (20,9 µg·Kg⁻¹ (ps) sur la période 1999-2000).

La valeur observée à Goury le 20 mars 2003 (3,3 µg·Kg⁻¹ [ps]) est très inférieure à la médiane nationale.

3.4. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP présents dans l'environnement résultent de différents processus : la biosynthèse par les organismes vivants, les pertes à partir du transport, la pyrolyse des matières organiques à haute température, les feux de forêts ou l'utilisation des carburants fossiles, charbons, pétroles. La combustion des charbons et pétroles constitue la principale voie d'introduction des HAP dans l'environnement et résulte majoritairement des activités anthropiques. Les activités industrielles telles que les usines de production d'aluminium, les raffineries de pétrole ou les rejets urbains contribuent également de manière importante aux apports atmosphériques et aquatiques.

Certains HAP sont cancérigènes pour l'homme et toxiques pour la flore et la faune marine. Certains sont également très rémanents dans l'environnement.

Synthèse des résultats analytiques

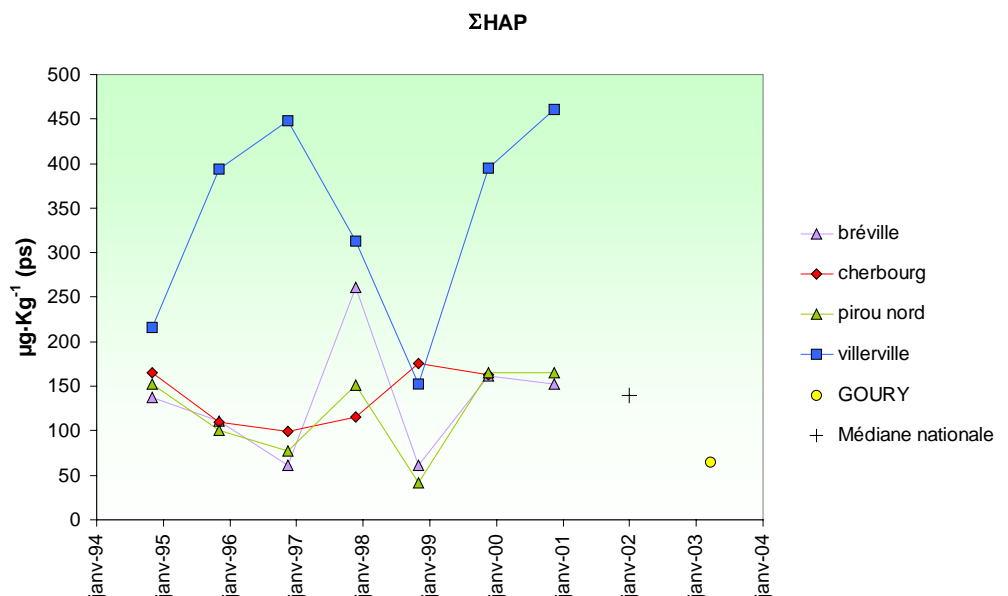
Le tableau 3 présente les valeurs en HAP obtenues pour le lot de moules introduit au port de Goury le 12 juin 2002 et récoltés le 20 mars 2003. La précision des méthodes analytiques utilisées pour les composés organiques se situe entre 10% et 20%.

Tableau 3 :
Concentrations en HAP pour le point COGEMA de Goury le 20 mars 2003 en $\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps).

H A P																
ACEPHTE	ACEPHTY	ANTHRAC	BZAANT	BZAPYR	BZBFLU	BZGHIPER	BZKFLU	CHRYSEN	DBZAHANT	FLUORAN	FLUOREN	IND123PY	NAPHTAL	PHENATH	PYRENE	Σ HAP
5	<10	2	3	4	5	<5	2	4	<5	7	5	<5	9	15	4	65

ACEPHTE : Acénaphène ; ACEPHTY : Acénaphylène ; ANTHRAC : Anthracène ; BZAANT : Benzo (a) antracène ; BZAPYR : Benzo (a) pyrène ; BZBFLU : Benzo (b) fluoranthène ; BZGHIPER : Benzo (ghi) pérylène ; BZKFLU : Benzo (k) fluoranthène ; CHRYSEN : Chrysène ; DBZAHANT : Dibenzo (a,h) anthracène ; FLUORAN : fluoranthène ; FLUOREN : fluorène ; IND123PY : indéno (1-2-3-cd) pyrène ; NAPHTAL : naphthalène ; PHENATH : phénanthrène ; PYRENE : pyrène

Figure 28 :
Concentrations en HAP à Goury et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (1998-2000).



Les concentrations en HAP observées sur le site de Villerville sont les plus élevées de l'ensemble des sites régionaux. Ceci s'explique par la forte activité pétrochimique du Havre. Les valeurs enregistrées en 2001 sur Bréville et Pirou sont du même ordre de grandeur que la valeur de la médiane nationale ($140 \mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps] sur la période 1998-2000). La concentration en HAP obtenue à Goury en mars 2003 se trouve en dessous de ces dernières valeurs ($65 \mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps]).

4. Conclusions

Ces premiers résultats obtenus sur un lot de moules introduit au port de Goury le 12 juin 2002 et récolté le 20 mars 2003 nous permettent d'avoir une première approche du niveau des contaminations de la matière vivante dans un secteur proche de l'usine de Cogema à La Hague.

Les résultats de contamination métallique sont variables selon les métaux : certains métaux présentent des concentrations inférieures à la médiane nationale (1999-2001) : cobalt, nickel et chrome. D'autres présentent des concentrations supérieures à ces médianes : plomb, cadmium, mercure, cuivre et zinc.

Dans le groupe des métaux qui présentent des concentrations supérieures à la médiane nationale, seul le zinc présente des valeurs supérieures à celles des points régionaux. Cependant, la concentration en zinc dans la chair de moules à Goury n'a été supérieure que de 10% à cette médiane nationale.

Pour le fer, l'aluminium et le manganèse, par manque de médiane nationale, la comparaison avec les contaminations des mêmes moules au moment de leur introduction au port de Goury, montre qu'après neuf mois de stabulation à Goury, les concentrations de ces trois métaux ont diminué de 7% à 20%.

L'ensemble des contaminants organiques (DDT+DDD+DDE, lindane, PCB et HAP) présente des concentrations inférieures aux médianes nationales et aux valeurs observées sur les points régionaux RNO (et parfois même, inférieures aux seuils analytiques).

Les très faibles valeurs enregistrées pour les contaminants organiques (et même leur diminution par rapport au site de Grandcamp-Maisy d'où sont originaires nos moules) peuvent s'expliquer par la faible activité agricole et portuaire dans cette région nord du Cotentin.

En conclusion, il se pourrait qu'il y ait un effet de l'activité industrielle de la COGEMA, avec une très légère augmentation des concentrations observées dans la chair des moules en cadmium, en mercure et en zinc, mais sans jamais générer des dépassements des normes sanitaires. De plus, il serait hasardeux de vouloir conclure à partir d'une seule série de données, et seul un suivi régulier nous permettra de valider, ou non, ce premier constat d'un très faible impact des rejets non actifs de la Cogema.



5. Bibliographie

ANDRAL, B., STANISIERE, J.Y. 1999

« Réseau intégrateurs biologiques RINBIO : évaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée » Rapport de contrat dans le cadre des conventions n°991452 et n°992461 pour l'agence de l'Eau RMC, *Ifremer Toulon*. 67 pp.

ANDRAL, B., STANISIERE, J.Y., MERCIER S. 2001

« Réseau intégrateurs biologiques RINBIO : évaluation de la contamination chimique des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée : résultats de la campagne 2000 » Convention avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse n° 010706. *Ifremer Toulon*. 87 pp.

CHIFFOLEAU, J-F., AUGER, D., BOUTIER, B., ROUZEL, E., TRUQUET, I. 2003

« Dosage de certains métaux dans les sédiments et la matière en suspension par absorption atomique ». *Ed. Ifremer*, Brest, France ; 45 pp.

STANISIERE, J.Y. 2001

« Réseau intégrateurs biologiques RINBIO (campagne 1999): caractérisation des apports du Rhône en contaminants biodisponibles. Qualification d'une stratégie de sécurisation des stations contre le chalutage » *Rapport Ifremer Toulon*. 28 pp.

STANISIERE, J.Y. 2001

« Effet de l'indice de condition sur la bioaccumulation des contaminants chez *Mytilus galloprovincialis* : validation d'une méthode d'ajustement applicable au biomonitoring actif en milieux hétérotrophes » *Rapport Ifremer Toulon*. 26 pp.