

mars 2015 – ODE/DYNECO/VIGIES/15-07

Synthèse réalisée par les coordonnateurs des réseaux d'observation et de surveillance :

C. Belin, D. Claisse, A. Daniel, E. Fleury, L. Miossec, J-C. Piquet, M. Ropert

Avec le soutien du service DYNECO/VIGIES :

A. Boisseaux, A. Lamoureux, D. Soudant



IFREMER

Qualité du Milieu Marin Littoral

Synthèse Nationale de la

Surveillance 2013

Edition 2015

Qualité du Milieu Marin Littoral

Synthèse Nationale de la Surveillance 2013

Edition 2015

Synthèse réalisée par les coordonnateurs des réseaux d'observation et de surveillance :

C. Belin, D. Claisse, A. Daniel, E. Fleury, L. Miossec, J-C. Piquet, M. Ropert

Avec le soutien du service DYNECO/VIGIES :

A. Boisseaux, A. Lamoureux, D. Soudant

Centre Ifremer de Nantes

Rue de l'Île d'Yeu, BP 21105

44311 Nantes Cédex

Tél : 02 40 37 41 58

1. Dispositif d'observation et de surveillance de la qualité du milieu littoral	7
2. Evénements marquants 2013	9
3. Hydrologie	11
3.1. Présentation.....	11
3.2. Définitions	11
3.3. Bilan 2013.....	12
3.4. Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux (DCE).....	14
4. REMI : Réseau de contrôle microbiologique	17
4.1. Contexte, objectifs et mise en œuvre du REMI	17
4.2. Résultats de la surveillance microbiologique	19
5. REPHY : Réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines	25
5.1. Contexte, objectifs et mise en œuvre du REPHY	25
5.2. Aspects environnementaux : résultats phytoplancton	26
5.3. Aspects sanitaires : résultats phytoplancton toxique et phycotoxines	29
6. Réseau d'observation de la contamination chimique	35
6.1. Contexte, objectifs et mise en œuvre du ROCCH.....	35
6.2. Résultats de la surveillance chimique	35
7. RESCO : Réseau d'observations conchylicoles	43
7.1. Contexte, objectifs et mise en œuvre du RESCO	43
7.2. Résultats RESCO 2013.....	45
8. Apport de la modélisation hydrodynamique à la DCE à La Réunion.....	53
8.1. Contexte	53
8.2. Le projet HYDRORUN.....	53
8.3. Des résultats aux bénéfices de la DCE.....	53
9. Pour en savoir plus	57
10. Glossaire	60
11. ANNEXES	61

1. Dispositif d'observation et de surveillance de la qualité du milieu littoral

L'Ifremer opère de façon coordonnée à l'échelle de l'ensemble du littoral métropolitain plusieurs réseaux de surveillance nationaux : le réseau de contrôle microbiologique (REMI), le réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY), le réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH, ex-RNO) et le réseau de surveillance benthique (REBENT). Ils sont mis en œuvre pour répondre aux objectifs environnementaux de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), aux obligations des conventions régionales marines (OSPAR et Barcelone) et aux objectifs sanitaires réglementaires concernant le suivi de la salubrité des coquillages des zones de pêche et de production conchylicoles. Les performances conchylicoles (croissance, survie) de l'huître creuse *Crassostrea gigas* sont suivies par le réseau national RESCO (RESeau d'observations CONchylicoles). Ce réseau, issu du réseau REMORA (1993), a été mis en place en 2009, afin de suivre selon une fréquence élevée, la dynamique spatio-temporelle des performances d'élevage.

Les réseaux de surveillance sont mis en œuvre par les Laboratoires Environnement Ressources (LER) de l'Ifremer à l'aide de nombreux partenaires ou sous-traitants (services de l'Etat, bureaux d'études, structures associatives ou syndicats, laboratoires universitaires, etc) (exemple : SMEL pour site en côte Ouest Cotentin de RESCO). Des réseaux de surveillance régionaux sont également mis en œuvre par l'Ifremer sur la côte d'Opale (SRN), le littoral normand (RHLN), le bassin d'Arcachon (ARCHYD) et les lagunes méditerranéennes (RSL-RLC), pour approfondir le diagnostic local. Ainsi, le dispositif de surveillance s'enrichit sur certains secteurs littoraux de résultats sur l'hydrologie, et pour certains sur le phytoplancton, soutenant l'évaluation de la qualité du milieu.

L'ensemble des données de la surveillance intègre la base de données Quadrigé2. Celle-ci constitue le référentiel national des données de la surveillance des eaux littorales dans le cadre du Système national d'information sur l'eau (SIEau).

Chaque année, dix bulletins de la surveillance sont édités à une échelle régionale pour communiquer annuellement aux différents partenaires de l'Ifremer les résultats de cette surveillance sous une forme graphique et homogène sur tout le littoral français. Les points de surveillance, témoins de l'effort local d'une stratégie nationale, sont repérés à l'aide de cartes et de tableaux. Ce support permet à chaque laboratoire de retracer les actualités environnementales de l'année qui ont affecté le littoral. L'ensemble des bulletins est téléchargeable sur le site internet de l'Ifremer : <http://envlit.ifremer.fr/documents/bulletins/regionaux> de la surveillance.

Tableau 1.1 : Emprises géographiques des Laboratoires Environnement Ressources (LERs) produisant les bulletins régionaux de la surveillance

Laboratoires Environnement Ressources	Emprises départementales
Boulogne sur Mer	Nord, Pas-de-Calais, Somme
Port en Bessin	Seine Maritime, Eure, Calvados, Manche
Dinard	Ille-et-Vilaine, Côtes d'Armor
Concarneau	Finistère
La Trinité	Morbihan
Nantes	Loire Atlantique, Vendée (nord)
La Tremblade, La Rochelle	Vendée (sud), Charente Maritime
Arcachon	Gironde, Landes, Pyrénées Atlantiques
Sète	Pyrénées Orientales, Aude, Hérault, Gard
Toulon, Bastia	Bouches du Rhône, Var, Alpes Maritimes, Haute Corse, Corse du Sud

2. Événements marquants 2013

■ hydro



Suivi hydrologique

L'hiver et le printemps 2013 ont été globalement pluvieux et peu ensoleillés provoquant des débits fluviaux très supérieurs aux moyennes. L'été a par contre été beau, chaud et sec provoquant un déficit pluviométrique et une insolation exceptionnelle sur certaines zones. Les mauvaises conditions météorologiques printanières conjuguées à une température de l'eau assez fraîche ont retardé le début de l'activité biologique. La biomasse phytoplanctonique a ensuite été relativement abondante tout au long du printemps et de l'été grâce aux apports nutritifs élevés.

■ remi



Suivi microbiologique

La qualité microbiologique des zones de production de coquillages (REMI) est estimée pour 351 points. La très grande majorité des points (81 %) présente une qualité moyenne. Quelques points (5 %) sont de bonne qualité, tandis que 14 % des points présentent une qualité mauvaise à très mauvaise. L'année 2013 est marquée principalement par de très nombreuses alertes : 315, dont 41 de niveau 2, battant largement le record d'alertes établi en 2012 (277 alertes, dont 42 de niveau 2). Les levées d'alerte ont pu être parfois très tardives nécessitant plusieurs mois de surveillance renforcée. Cette augmentation met en évidence le fait que le classement de certaines zones n'est pas ou plus représentatif de la qualité microbiologique de ces zones.

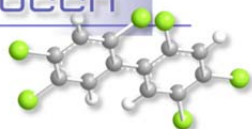
■ rephy



Suivi du phytoplancton et des phycotoxines

La surveillance exercée par le REPHY sur le phytoplancton et les phycotoxines associées aux espèces toxiques répond aux obligations environnementales de la DCE et à des enjeux sanitaires. Les données phytoplancton, résultant d'une intégration des résultats 2008-2013 ont permis de classer les masses d'eau vis-à-vis de cet élément de qualité biologique selon les critères DCE : il en ressort que 81 % des masses d'eaux sont évaluées en état « très bon » ou « bon ». Les blooms phytoplanctoniques observés sont comme les autres années majoritairement des blooms à *Bacillariophyta* (diatomées). Pour ce qui concerne la surveillance sanitaire, les caractéristiques de l'année 2013 sont les suivantes : les épisodes de toxicité lipophile ont affecté les côtes de Normandie, de Bretagne ouest et sud, et de Méditerranée ; un épisode de toxicité PSP a été observé en Bretagne ouest ; les épisodes de toxicité ASP ont touché les coquilles St Jacques, en baie de Seine et en Bretagne ouest et sud ; aucune trace de palytoxines n'a été détectée dans les oursins de la côte méditerranéenne.

■ rocch



Suivi des contaminants chimiques

Les résultats de la surveillance chimique (ROCCH) présentés ici ne concernent que les 3 métaux réglementés au plan sanitaire (Cd, Hg, Pb), auxquels il faut ajouter certains métaux supplémentaires mesurés à l'initiative de l'Ifremer (Cu, Zn). Le niveau de contamination par le cadmium (Cd) continue à décroître légèrement au niveau national. Les plus fortes concentrations sont toujours relevées en Gironde et se prolongent jusque dans le bassin ostréicole de Marennes Oléron. Aucune contamination importante

par le mercure (Hg) n'est observée. Les teneurs les plus élevées sont localisées dans la baie du Lazaret en rade de Toulon. Les niveaux de contamination par le plomb (Pb) se stabilisent au niveau national après une forte décroissance sur la décennie précédente. Les plus fortes concentrations sont encore relevées dans la baie du Lazaret, mais aussi à l'embouchure de l'Hérault, et à l'embouchure de l'Aulne en rade de Brest.



Suivi conchylicole

Les résultats issus du réseau RESCO enh 2013 mettent en évidence des différences significatives de taux de mortalité entre les lots, les classes d'âge et les sites testés. Plus précisément, les taux de mortalité cumulée obtenus sur les différents lots de naissains sont respectivement de 59, 83 et 74% pour les trois lots issus de captage naturel, de 71, 84 et 69% respectivement pour les trois lots d'écloserie. La mortalité moyenne observée sur les lots d'huîtres 18 mois au niveau national est de 12.6%, ce qui est équivalent aux taux de mortalité obtenus pour des huîtres de la même classe d'âge en 2012 (13%), et reste en dessous de certaines déclarations de mortalité effectuées par la profession sur des huîtres de classe d'âge supérieures (35 à 50 mois). En terme de données hydrologiques, l'année 2013 se caractérise par rapport aux années précédentes, par des mois de mars et début avril relativement frais. Ainsi, les premières mortalités sont généralement apparues plus tardivement en 2013 qu'en 2012, et s'échelonnent de mi-mai jusqu'à mi-août pour l'ensemble des sites et des lots, la vague la plus importante de mortalité ayant touché la plupart des sites à la deuxième quinzaine du mois de Juin. En terme de réplique de mortalité, des différences significatives ont pu être observées selon les types de lots, certains étant affectés, sur l'ensemble des sites-ateliers, par une vague unique de mortalité, alors que d'autres présentent plusieurs pics de plus faibles intensités. Enfin, les analyses pathologiques réalisées sur des prélèvements bi-mensuels d'individus issus des trois lots sentinelles 18 mois, CN1 et ETa sur l'ensemble des sites ateliers, ont révélé des différences significatives des taux d'Herpes selon les sites, mais également selon la période de détection de charges élevées, cette dernière semblant corrélée aux taux de mortalité cumulée final observé. Les recherches de détection de la bactérie de l'espèce *Vibrio aestuarianus* sur les mêmes lots, révèlent des cas positifs pour tous les types de lots, mais de façon plus sporadique.

3. Hydrologie

3.1. Présentation

L'hydrologie est une discipline exercée par l'ensemble des Laboratoires Environnement Ressources (LER) dans le cadre de réseaux de surveillance nationaux (REPHY, IGA), de réseaux hydrologiques locaux (SRN, RHLN, ARCHYD, RSL) ou encore d'études ponctuelles. Les objectifs de ces mesures hydrologiques sont :

- soit un suivi patrimonial à long terme sur une échelle pluri-décennale pour l'observation de phénomènes se traduisant par des modifications de faible amplitude,
- soit l'étude des forçages anthropiques pour la compréhension de spécificités locales (impacts de bassins versants, de rejets industriels ou urbains) sur l'eutrophisation du milieu, sur le développement de certaines espèces phytoplanctoniques et des macroalgues, ou encore sur le niveau trophique des parcs conchylicoles.

L'hydrologie des écosystèmes marins comporte de nombreux descripteurs (température, salinité, turbidité, oxygène dissous, nutriments, chlorophylle) dont beaucoup sont reliés entre eux par des relations de cause à effet. Les évolutions locales de ces paramètres sont décrites dans les bulletins régionaux.

Toutes ces données sont utilisées pour répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et aux obligations des conventions régionales marines (OSPAR et Barcelone).

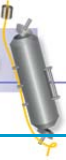
3.2. Définitions

La **température** est un paramètre fondamental pour l'évaluation des caractéristiques des masses d'eaux car elle joue un rôle important dans la variabilité des cycles biologiques. La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres (salinité, oxygène dissous,...).

Par son influence sur la densité de l'eau de mer, la **salinité** permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eau d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires. La grandeur «salinité» représente la masse de sels dissous contenue dans un kilogramme d'eau de mer. La salinité étant un rapport entre deux grandeurs de mêmes unités, elle s'exprime sans indication d'unité : on ne dit pas qu'une eau a une salinité de 35 pour mille, mais qu'elle a une salinité de 35. Dans les océans, la salinité est voisine de 35 alors que celle des eaux douces est nulle. Dans les estuaires, zone de mélange des eaux continentales et marines, on est en présence d'un gradient de salinité s'étendant de 0 à 35.

La **turbidité** évalue la transparence d'une eau par la perte de lumière résultant de sa traversée. Elle est donc fonction de la quantité, de la taille et de la forme des particules en suspension et varie en fonction des apports des fleuves, de la remise en suspension du sédiment et de la concentration en plancton. La turbidité permet de déterminer la quantité de lumière disponible pour le développement des végétaux aquatiques.

L'**oxygène dissous** est un paramètre vital qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. En dessous de certaines concentrations, de nombreuses espèces vivantes meurent. Les concentrations en oxygène dissous dans l'eau de mer dépendent de facteurs physiques (température, salinité, mélange de la masse d'eau), chimiques (oxydation) et biologiques (photosynthèse, respiration). La mesure de l'oxygène dissous est cruciale notamment à la suite d'efflorescences phytoplanctoniques dont la décomposition peut conduire à une anoxie (épuisement en oxygène dissous) du milieu.



La **chlorophylle** est une molécule qui est la base des réactions photosynthétiques : en convertissant l'énergie lumineuse en énergie chimique, elle permet la fixation de carbone induite par la lumière (la production primaire). La mesure de la chlorophylle permet de quantifier la biomasse phytoplanctonique présente dans le milieu. La chlorophylle est un paramètre clé en hydrologie car il existe de nombreux liens entre son développement dans les cellules phytoplanctoniques et les variations de paramètres tels que l'intensité lumineuse, la turbidité, les nutriments et l'oxygène dissous.

Le terme « **nutriments** » désigne l'ensemble des composés nécessaires à la nutrition du phytoplancton dont les principaux sont le nitrate, le nitrite, l'ammonium, le phosphate et le silicate. Les nutriments sont naturellement présents dans le milieu (lessivage des sols, dégradation de la matière organique). Des concentrations excessives peuvent avoir pour origine les rejets urbains (stations d'épurations), industriels (industrie agro-alimentaire, laveries,...), domestiques (lessives) ou agricoles (engrais). Si les nutriments ne sont pas directement toxiques pour le milieu marin, l'augmentation des flux déversés en zone côtière peut être considérée comme une pression à l'origine de nuisances indirectes (augmentation de la biomasse chlorophyllienne, changement des espèces phytoplanctoniques dominantes, développement massif de macroalgues,...) pouvant conduire au phénomène d'eutrophisation.

3.3. Bilan 2013

3.3.1. Manche – Atlantique

L'année 2013 a été globalement une année pluvieuse et peu ensoleillée. De nombreuses perturbations océaniques se sont succédées de janvier à février, plus particulièrement sur la pointe Bretagne et la côte Atlantique, entraînant des températures plutôt douces et un vent soutenu accompagné de pluies importantes. Le mois de mars a été l'un des plus froids des dernières années au nord de la Loire suite à un épisode hivernal tardif. Le mois de mai 2013 a également été un des plus froids et pluvieux depuis 1959 (figure 3.1) avec un ensoleillement exceptionnellement faible. Des pluies exceptionnelles entraînant des inondations historiques ont été relevées fin juin dans le Sud-Ouest. L'été a été beau, chaud et sec provoquant un déficit pluviométrique et une insolation exceptionnelle plus particulièrement du Finistère aux Pyrénées-Atlantiques. La première forte tempête automnale balayant le nord du pays a été relevée fin octobre. L'automne a été marqué par sa douceur et par un faible ensoleillement.

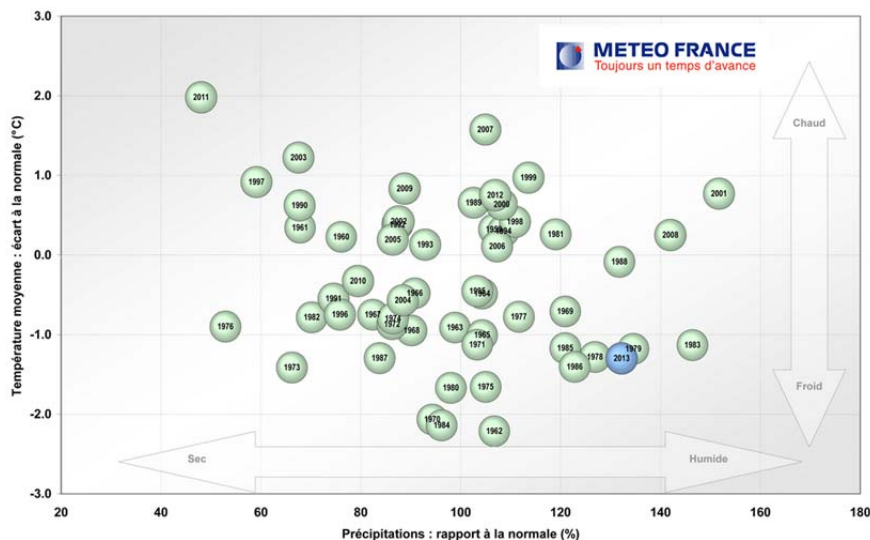


Figure 3.1 : Graphique METEO France élaboré à partir d'indicateurs thermique et pluviométrique calculés sur la France entière au printemps entre 1959 et 2013.

La température de surface de la mer (Figure 3.2) a suivi une évolution radicale en début d'année en passant d'une situation plus chaude que la normale en janvier à une anomalie négative de température du mois de



mars au mois de juin (jusqu'à 3°C dans le nord). Les eaux côtières se sont ensuite rapidement réchauffées en juillet pour atteindre une situation plus chaude que la normale en septembre notamment sur une grande partie de la Manche.

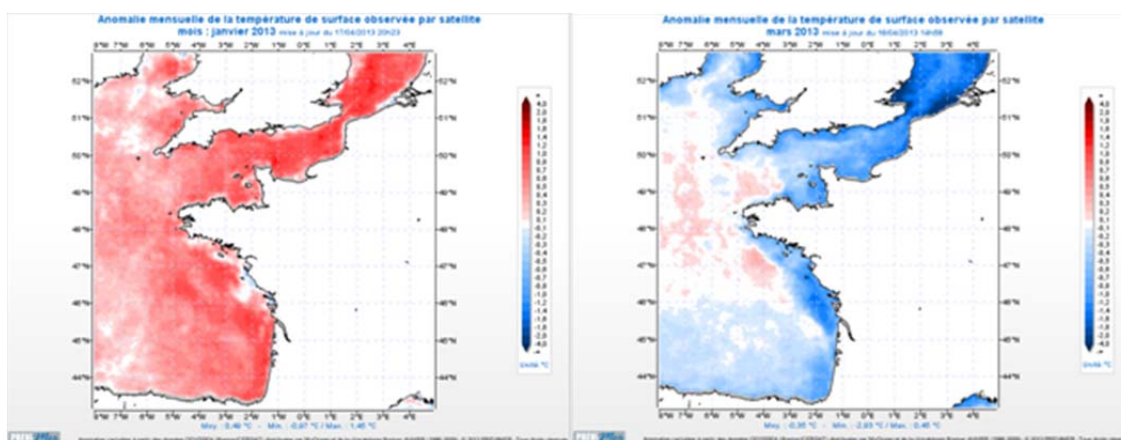


Figure 3.2 : Anomalie de température des eaux de surface respectivement en janvier et en mars 2013 (données PREVIMER)

Les débits des principaux fleuves (figure 3.3) relevés de janvier à juin 2013 étaient largement supérieurs aux moyennes mensuelles avant de retrouver des valeurs conformes aux normales en été et en automne. Par exemple, le débit mensuel de la Vilaine était deux fois supérieur à la normale de janvier à avril. Il faut également noter un débit de la Seine et de la Loire environ 2 fois supérieur à la normale en mai et juin, tout comme un débit de l'Adour pratiquement 4 fois supérieur à la normale en juin. Il en résulte une salinité des eaux côtières inférieure à la normale dans les panaches des fleuves au cours du printemps.

Les concentrations de matières en suspension ont été nettement supérieures à la moyenne dans les zones côtières au cours des 6 premiers mois de l'année, d'une part en raison de l'important charriage des fleuves et d'autre part, suite à l'effet de la houle d'ouest observée en avril en Manche et en sud Bretagne. Les apports fluviaux ont soutenu des concentrations de nutriments particulièrement élevées sur le littoral tout au long de la période productive, notamment en mai.

Les mauvaises conditions météorologiques printanières conjuguées à une température de l'eau assez fraîche ont retardé le début de l'activité phytoplanctonique. Par contre, la biomasse phytoplanctonique a été relativement abondante tout au long du printemps et de l'été grâce aux apports nutritifs élevés. D'importantes eaux colorées ont été observées en été sur le littoral de Loire Atlantique. Il faut également noter un bloom multi spécifique de diatomées en novembre en sud Bretagne qui a provoqué un pic de chlorophylle assez tardif pour la saison. Aucune période d'hypoxie marquée n'a été relevée sur l'ensemble du territoire.

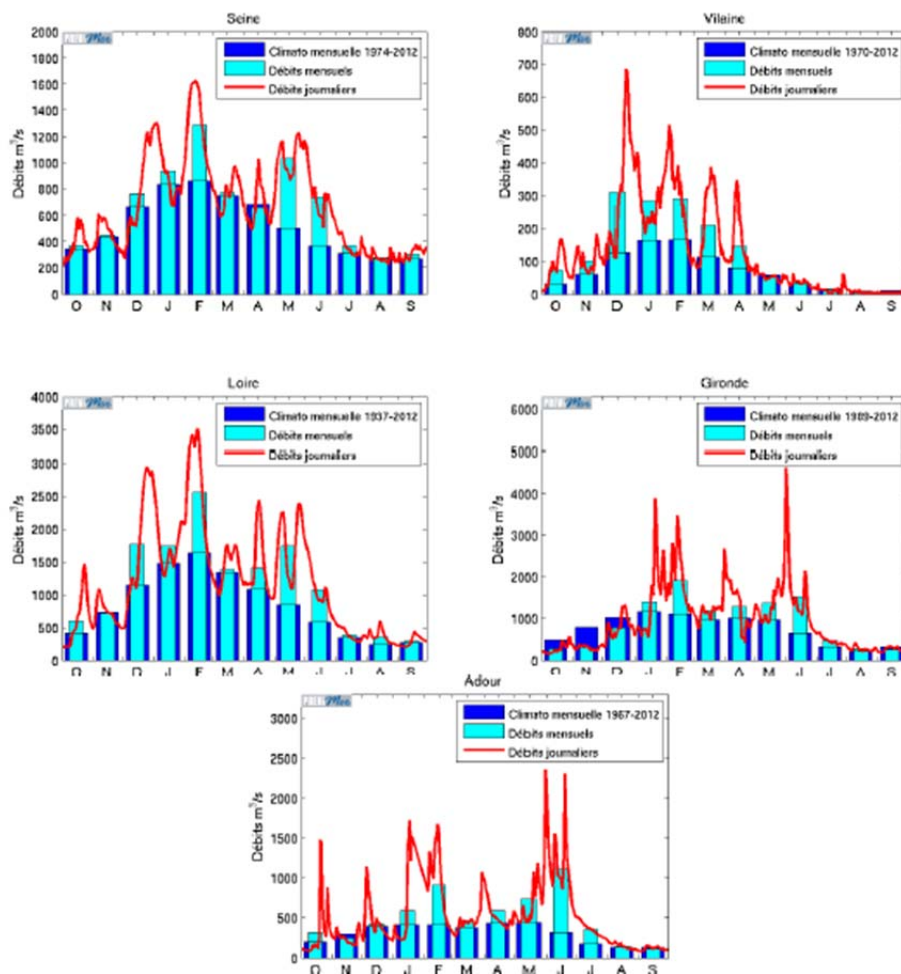


Figure 3.3 : Débit des principaux fleuves français d'octobre 2012 à septembre 2013 d'après PREVIMER. Courbe continue rouge = débit journalier, histogramme bleu clair = débit moyen mensuel, histogramme bleu foncé = climatologie mensuelle de la période de référence indiquée sur le graphe

3.3.2. Méditerranée

L'hiver 2013 a été marqué par des températures inférieures à la normale, mais sans vague de froid comme en 2012. De faibles précipitations ont été enregistrées en janvier et février dans toute la région avant un épisode pluvieux très prononcé début mars. Le printemps a été frais comparé aux normales saisonnières et assez pluvieux en avril avec des excédents dépassant 50% localement sur le littoral languedocien. Les températures estivales ont été légèrement supérieures aux normales de saison. Le mois de juillet a été marqué par un épisode orageux, suivi par un mois d'août relativement sec à l'échelle de la région, malgré une forte hétérogénéité des précipitations sur le littoral du Languedoc-Roussillon. La disparité pluviométrique a été forte à l'échelle régionale en 2013 : excédentaire sur certaines zones (ex : sud de Perpignan, Corbières et Haut Languedoc) et quasi-nulle dans d'autres.

3.4. Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux (DCE)

Les données hydrologiques contribuent à évaluer la qualité des masses d'eau dans le cadre de la DCE. Les éléments de qualité physico-chimiques retenus pour la classification de l'état écologique sont le bilan



d'oxygène, la température, la salinité, la transparence et les nutriments¹. Il faut noter que dans certains cas, les évaluations n'ont pas pu être menées car le nombre de données n'est pas encore suffisant pour permettre une évaluation fiable. Ces évaluations sont revues annuellement.

¹ Les rapports d'évaluation DCE des éléments de qualité physico-chimique sont disponibles en ligne à l'adresse suivante :
http://envlit.ifremer.fr/content/download/76710/527675/version/2/file/Oxygene_avr_09_R_INT_DIR_DYNECO_PELAGOS_09_02.pdf,
http://envlit.ifremer.fr/content/download/76709/527672/version/2/file/rapport_evaluation_DCE_element_qualite_nutriments_mai_2010.pdf
http://envlit.ifremer.fr/content/download/76729/527764/version/1/file/Temperature_avr_09_R_INT_DIR_DYNECO_PELAGOS_09_03.pdf

4. REMI : Réseau de contrôle microbiologique

4.1. Contexte, objectifs et mise en œuvre du REMI

Le milieu littoral est soumis à de multiples sources de contamination d'origine humaine ou animale : eaux usées urbaines, ruissellement des eaux de pluie sur des terrains agricoles, faune sauvage. En filtrant l'eau, les coquillages concentrent les micro-organismes présents dans l'eau. Aussi, la présence dans les eaux de bactéries ou virus potentiellement pathogènes pour l'homme (*Salmonella*, *Vibrio* spp, norovirus, virus de l'hépatite A) peut constituer un risque sanitaire lors de la consommation de coquillages (gastro-entérites, hépatites virales).

Le **REMI**, réseau de contrôle microbiologique des zones de production de coquillages, permet la surveillance sanitaire des zones de production exploitées par les professionnels et classées par l'Administration. Sur la base du dénombrement dans les coquillages vivants des *Escherichia coli* (*E. coli*), bactéries communes du système digestif, recherchées comme indicateur de contamination fécale, le REMI a pour objectifs :

- d'estimer la qualité microbiologique sur la base des niveaux de contamination des coquillages et de suivre l'évolution de ces niveaux de contamination ;
- de détecter et suivre les épisodes inhabituels de contamination.

Le classement et la surveillance microbiologique des zones de production de coquillages répondent à des exigences réglementaires (Figure 4.1).

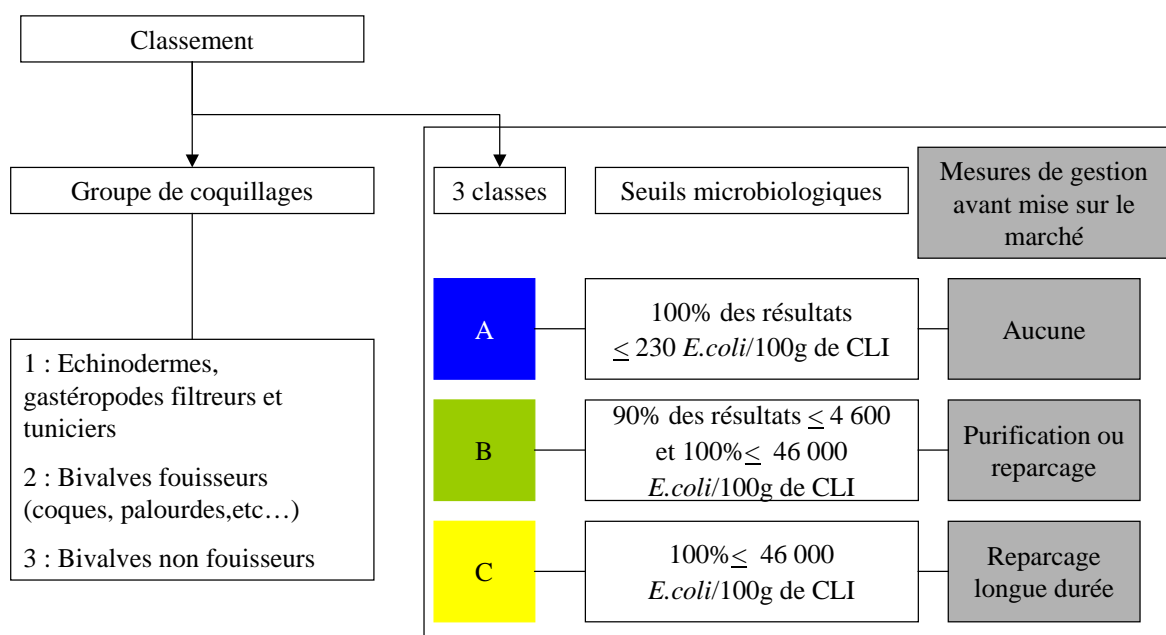


Figure 4.1 : Exigences réglementaires microbiologiques du classement de zone (Règlement (CE) n° 854/2004², arrêté du 06/11/2013)

Le REMI s'articule en deux volets : la surveillance régulière et la surveillance en alerte.

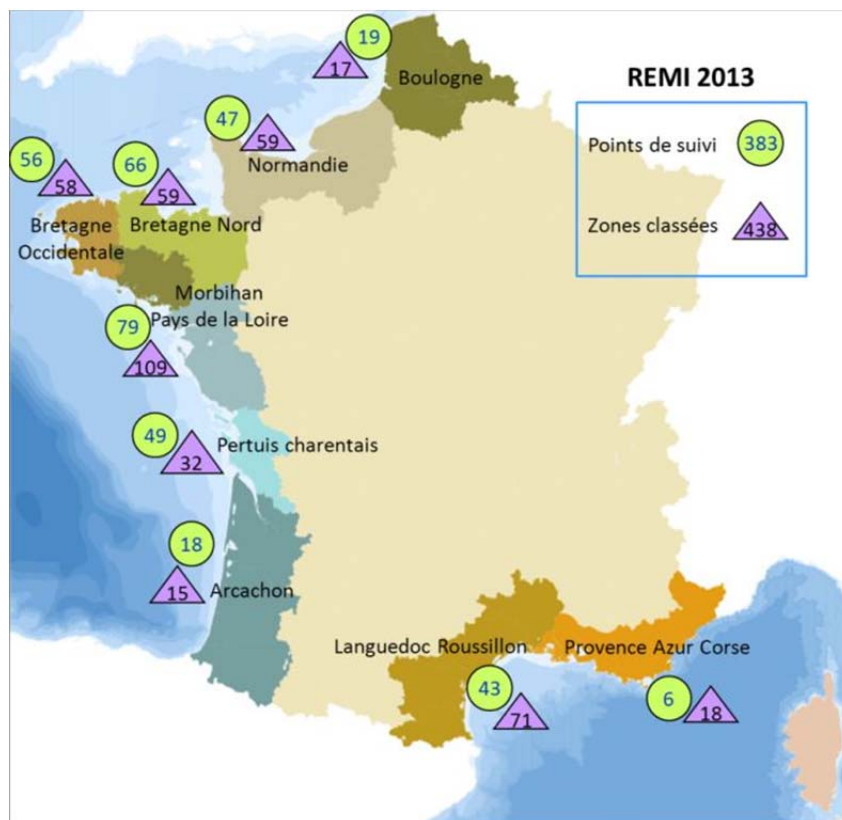
² Règlement CE n° 854/2004² du 29 avril 2004, fixe les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine.

Les prélèvements de coquillages s’effectuent sur des points pérennes situés dans un secteur exploité et exposé à un éventuel apport contaminant. L’espèce de coquillage prélevée est définie pour chaque zone classée et suivie. La fréquence de base du suivi est mensuelle. Elle peut être bimestrielle lorsqu’il n’existe pas de risque significatif de conclure à tort sur la qualité estimée de la zone, ou adaptée à la période d’exploitation.

Les analyses sont réalisées suivant les méthodes NF V 08-106³ ou ISO/TS 16 649-3⁴ par des laboratoires accrédités et agréés par le Ministère de l’Alimentation, de l’Agriculture et de la Pêche pour le dénombrement de *E. coli* dans les coquillages vivants.

Le traitement des données acquises en surveillance régulière sur les trois dernières années calendaires permet d’évaluer la qualité microbiologique des zones par rapport aux critères réglementaires.

Au 01/01/2013, 438 zones sont classées A, B ou C par arrêté préfectoral (Carte 4.1), une zone étant classée pour un groupe de coquillage considéré (groupes 1 : gastéropodes, échinodermes et tuniciers ; groupe 2 : bivalves fouisseurs ; et groupe 3 : bivalves non fouisseurs). Parmi ces 438 zones classées, 348 sont surveillées par 383 points de suivi.



Carte 4.1 : Répartition des points REMI et des zones classées par laboratoire Ifremer au 01/01/2013

³ Norme NF V 08-106 d’octobre 2010. Microbiologie des aliments - Dénombrement des *E. coli* dans les coquillages vivants - Technique indirecte par impédancemétrie directe.

⁴ Norme XP ISO/TS 16 649-3 - décembre 2005. Microbiologie des aliments - Méthode horizontale pour le dénombrement des *E. coli* beta-glucuronidase-positives - Partie 3 : technique du nombre le plus probable utilisant bromo-5-chloro-4-indolyl-3 beta-D-glucuronate

L'estimation de la qualité microbiologique par point est déterminée sur la base des résultats obtenus pour les 3 dernières années calendaires (au minimum 24 données sont nécessaires lorsque le suivi est mensuel ou adapté, ou 12 lorsque le suivi est bimestriel). Quatre niveaux sont définis :

- Qualité bonne : 100 % des résultats sont inférieurs ou égaux à 230 *E. coli*/100 g CLI ;
- Qualité moyenne : au moins 90 % des résultats sont inférieurs ou égaux à 4 600 et 100 % des résultats sont inférieurs ou égaux à 46 000 *E. coli*/100 g CLI ;
- Qualité mauvaise : 100 % des résultats sont inférieurs ou égaux à 46 000 *E. coli*/100 g CLI ;
- Qualité très mauvaise : dès qu'un résultat dépasse 46 000 *E. coli*/100 g CLI.

4.2. Résultats de la surveillance microbiologique

4.2.1. Surveillance régulière

En 2013, la qualité peut être estimée pour 351 points disposant d'un nombre de données suffisant : 96 points assurent la surveillance de la qualité des coquillages du groupe 2 (coquillages fousseurs) et 255 points celle des coquillages du groupe 3 (coquillages non-fousseurs).

La qualité microbiologique estimée pour ces 351 points suivis en 2013 se répartie ainsi :

- 18 points présentent une bonne qualité ;
- 285 points présentent une qualité moyenne ;
- 37 points présentent une mauvaise qualité ;
- 11 points présentent une très mauvaise qualité.

De façon générale, les bivalves fousseurs, présentent des profils de contamination plus dégradés que les bivalves non fousseurs, comme en témoigne la Figure 4.2.

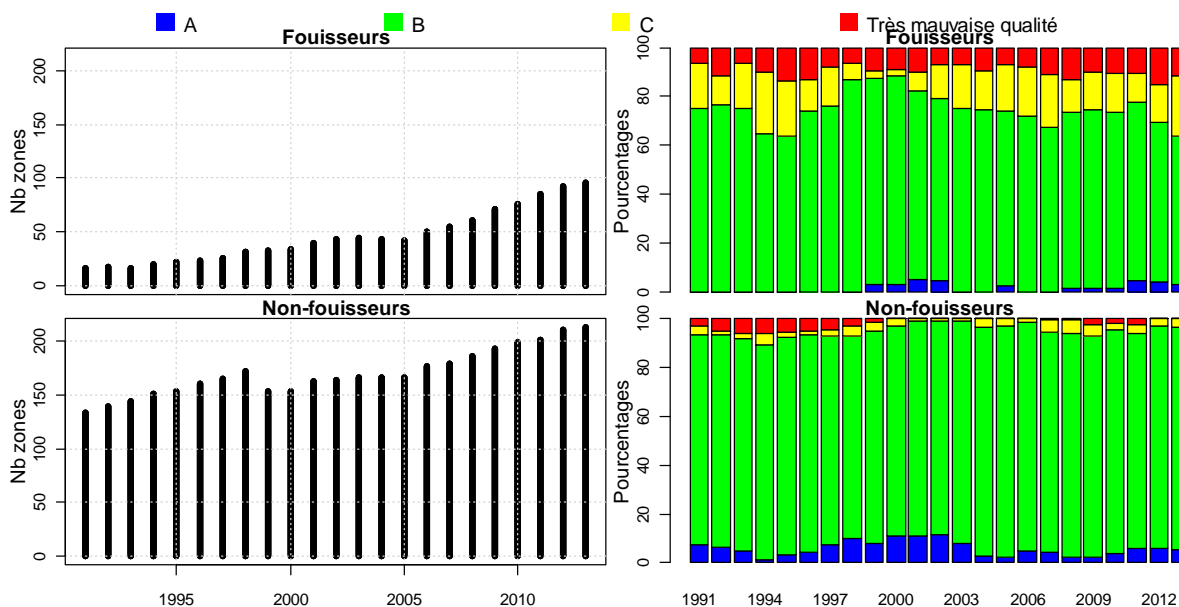
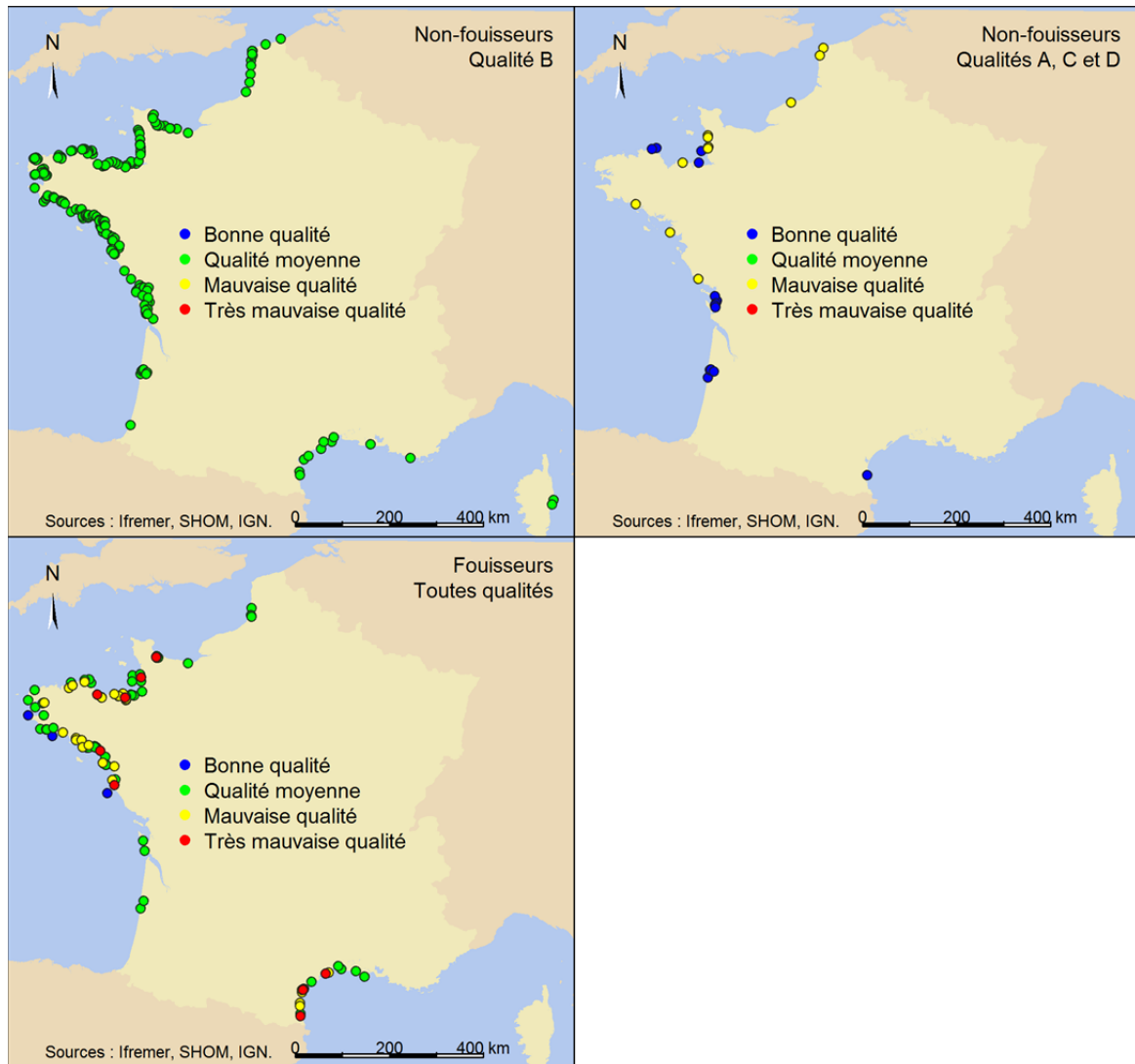


Figure 4.2 : Nombre de zones classées et répartition de la qualité microbiologique des points REMI en fonction des groupes : coquillages fousseurs et non fousseurs



Carte 4.2 : Qualité microbiologique des points REMI pour les coquillages non fouisseurs et fouisseurs, données 2011-2013

Pour les coquillages non-fouisseurs, la très grande majorité des points est de qualité moyenne (228 /255). La plupart des points présentant une bonne qualité microbiologique sont situés sur la côte Atlantique, plus précisément en Charente-Maritime et dans le bassin d’Arcachon. Les points de mauvaise qualité sont répartis sur le littoral Manche Mer du Nord et Atlantique.

Tableau 4.1 : Qualité microbiologique des points par façade et groupe de coquillage, données 2011-2013

Façade	Groupe	Bonne qualité	Qualité moyenne	Mauvaise qualité	Très mauvaise qualité	Total
Manche Mer du nord	Fouisseurs	0	24	9	4	37
	Non-fouisseurs	4	82	9	0	95
Atlantique	Fouisseurs	3	26	11	3	43
	Non-fouisseurs	10	125	3	0	138
Méditerranée	Fouisseurs	0	7	5	4	16
	Non-fouisseurs	1	21	0	0	22
Total		18	285	37	11	351

Pour les coquillages fouisseurs, le littoral Atlantique compte 43 points de suivi, la Manche Mer du Nord 37, et la Méditerranée 16 points. Les trois points de bonne qualité sont localisés sur le littoral Atlantique. Les points de mauvaise et de très mauvaise qualité se répartissent majoritairement sur le littoral Breton ainsi qu'en Méditerranée.

4.2.2. Surveillance en alerte

Les alertes mettent en évidence les risques de contamination ou les contaminations inhabituelles détectées sur une zone. En 2013, 315 alertes REMI ont été déclenchées (tableau 4.2) dont 41 de niveau 2, contre 277 en 2012, dont 42 de niveau 2.

Tableau 4.2 : Bilan 2013 des alertes REMI par zone de compétence géographique des LER

Laboratoires Ifremer (LER)	Alertes déclenchées	Alertes niveau 0	Alertes niveau 1	Alertes niveau 2 ⁵
Boulogne sur Mer	7	0	7	0
Normandie	23	0	20	3
Bretagne Nord	33	10	20	3
Bretagne Occidentale	35	23	11	1
Morbihan Pays de Loire	78	21	46	11
Pertuis Charentais	36	3	27	6
Arcachon	9	4	4	1
Languedoc Roussillon	83	59	10	14
Provence Azur Corse	11	8	1	2
Total	315	128	146	41

41% des alertes ont été déclenchées de façon préventive (128), dont 19 (soit 15%) ont mis en évidence une contamination (donc enregistré en niveau 2) : (10 en Languedoc Roussillon, 3 en Morbihan-Pays de la Loire, 2 dans les Pertuis Charentais, 2 en Provence Azur Corse, 1 en Bretagne Nord, 1 en Bretagne Occidentale. Ces alertes préventives sont essentiellement déclenchées en Languedoc Roussillon et en Corse suite à des pluviométries importantes, en Bretagne et en Morbihan-Pays de la Loire suite à l'information de tiers sur des risques de contaminations du milieu.

Les alertes de niveau 1 se situent essentiellement en Morbihan- Pays de la Loire, dans les Pertuis Charentais, la Bretagne Nord et la Normandie. Les alertes de niveau 2 ont concerné principalement Le Languedoc-Roussillon, le Morbihan Pays-de-Loire et les Pertuis Charentais.

⁵ Le niveau 2 concerne une contamination persistante (suivi alerte niveau 1), ou une contamination avérée (suivi d'alerte niveau 0).

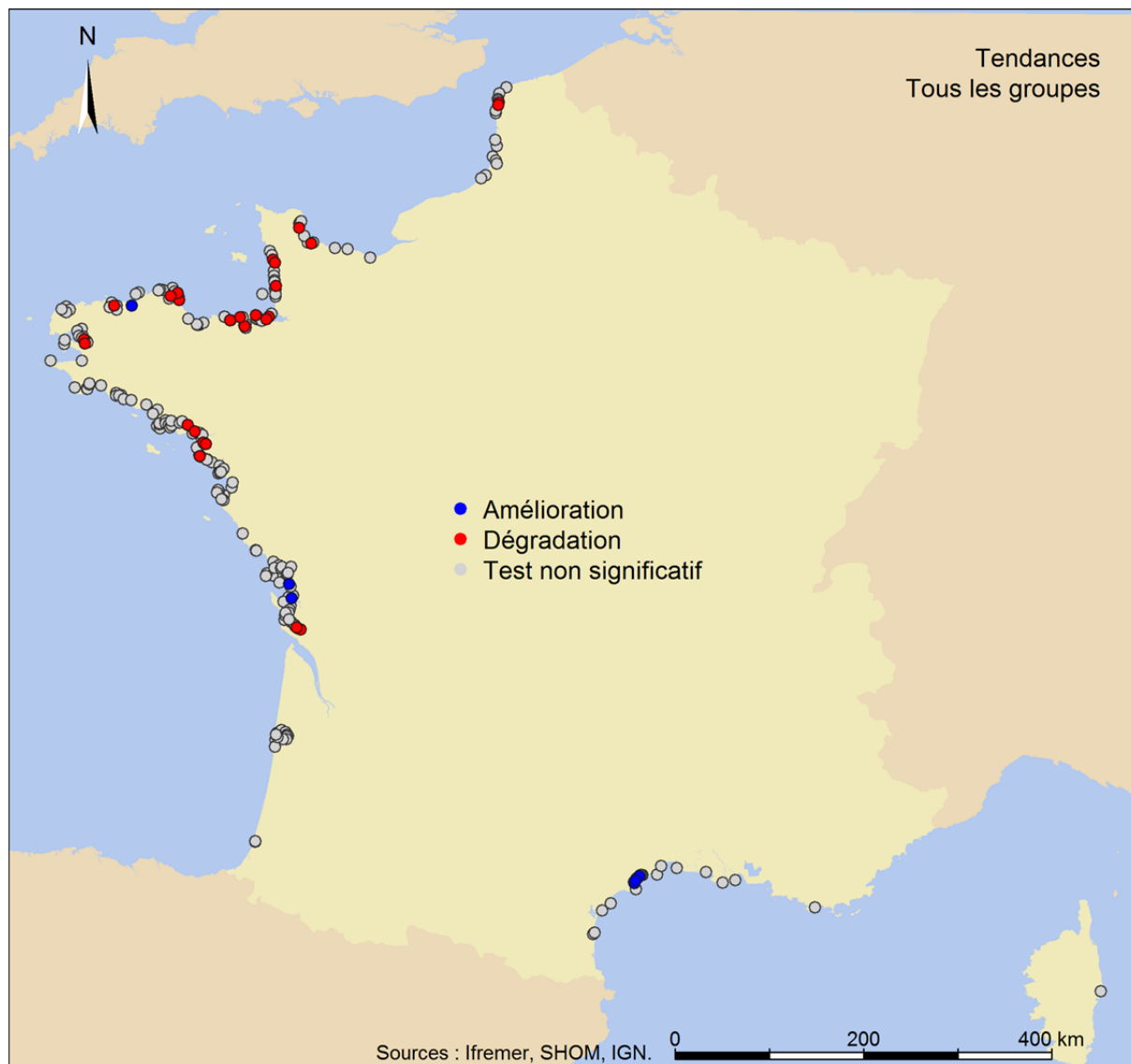
4.2.3. Evolution de la qualité microbiologique

En plus de l'aspect sanitaire (surveillance de la qualité des coquillages destinés à la consommation humaine), les données REMI reflètent les contaminations microbiologiques auxquelles est soumis l'environnement côtier. Le maintien ou la reconquête de la qualité microbiologique de cet environnement implique une démarche environnementale de la part des décideurs locaux visant à maîtriser ou réduire les émissions de rejets polluants d'origine humaine ou animale en amont des zones. Ainsi, la décroissance des niveaux de contamination peut résulter d'aménagements mis en œuvre sur le bassin versant (ouvrages et réseau de collecte des eaux usées par exemple, stations d'épuration, systèmes d'assainissement autonome...). A l'inverse, la croissance des niveaux de contamination témoigne d'une dégradation de l'environnement. La multiplicité des sources rend souvent complexe l'identification de l'origine de cette évolution, elle peut être liée par exemple à l'évolution démographique qui rend inadéquat les ouvrages de traitement des eaux usées existants, ou des dysfonctionnements du réseau liés aux fortes pluviométries, aux variations saisonnières de la population (tourisme), à l'évolution des pratiques agricoles (élevage, épandage...) ou à la présence de la faune sauvage.

Une analyse de tendance est faite sur les données de surveillance régulière par un test non paramétrique de Mann-Kendall. Le test est appliqué aux séries présentant des données sur l'ensemble de la période de 10 ans. Le résultat de ce test est affiché sur le graphe par point et dans un tableau récapitulatif de l'ensemble des points.

Au total, 248 points disposent d'un historique de 10 ans de données sur la période 2004-2013. Les résultats des tests, mettant en évidence l'existence ou non de tendance significative sur l'évolution des niveaux de contamination au cours des 10 dernières années, sont présentés Carte 4.3 et dans le Tableau 4.3.

Pour la majorité des points (216), aucune tendance significative n'est mise en évidence. Pour 32 points, une évolution significative est mise en évidence. Une tendance croissante des niveaux de contamination est observée sur 26 points, ce qui témoigne d'une dégradation de la qualité, essentiellement sur les côtes Bretonnes (Côtes d'Armor, Morbihan) et Normandes (Manche). Une tendance décroissante des niveaux de contamination est mise en évidence sur 6 points, ce qui marque une amélioration de la qualité. Ces tendances à l'amélioration sont principalement observées en Charente-Maritime et dans l'Hérault.



Carte 4.3 : Points REMI présentant des tendances significatives (période 2004-2013)

Tableau 4.3: Répartition par façade maritime des tendances observées sur les points REMI – période 2004-2013

Façade	non significative	Tendance croissante : amélioration	Tendance décroissante : dégradation	Total
Manche Mer du nord	74	1	17	92
Atlantique	123	2	9	134
Méditerranée	19	3	0	22
Total	216 (87.1%)	6 (2.4%)	26 (10.5%)	248

5. REPHY : Réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines

5.1. Contexte, objectifs et mise en œuvre du REPHY

Les objectifs du réseau REPHY sont à la fois environnementaux et sanitaires : (i) connaissance de la biomasse, de l'abondance et de la composition du phytoplancton marin des eaux côtières et lagunaires, (ii) détection et suivi des espèces phytoplanctoniques productrices de phycotoxines et recherche de ces phycotoxines dans les mollusques bivalves présents dans les zones de production ou dans les gisements naturels.

Le suivi du phytoplancton est organisé de sorte qu'il puisse répondre aux questions relevant de ces deux problématiques environnementales ou sanitaires. La partie strictement surveillance, essentiellement destinée à répondre aux exigences réglementaires de l'un ou l'autre domaine⁶, se double d'une composante observation plus spécifiquement dédiée aux questionnements scientifiques et à l'acquisition de données de biodiversité sur le long terme.

5.1.1. Aspects environnementaux

Toutes les espèces de phytoplancton identifiables au microscope optique sont identifiées et dénombrées de façon régulière, toute l'année au moins une fois par mois, sur environ 50 lieux de prélèvement répartis sur tout le littoral. Ces données acquises sur de longues périodes, permettent d'acquérir et d'améliorer les connaissances sur les grandes structures des populations phytoplanctoniques, par exemple l'évolution dans le temps des abondances globales et des phénomènes exceptionnels tels que les blooms (développement important d'une ou plusieurs espèces phytoplanctoniques), ou bien la distribution géographique des espèces dominantes. Ce dispositif est complété sur environ 60 lieux de prélèvement supplémentaires, par des observations également faites de façon régulière (toute l'année, au moins une fois par mois), sur une sélection d'espèces considérées comme cruciales c'est à dire celles qui prolifèrent au moment de l'observation, et celles qui sont susceptibles de produire des toxines qui s'accumulent dans les coquillages.

Les observations du phytoplancton, complétées par des mesures de chlorophylle pour une évaluation de la biomasse, permettent donc : (i) d'établir des liens avec les problèmes liés à l'eutrophisation ou à une dégradation de l'écosystème, (ii) de calculer des indicateurs pour une estimation de la qualité de l'eau, d'un point de vue abondance et composition, (iii) de suivre les développements d'espèces toxiques, en relation avec les concentrations en toxines dans les coquillages, (iv) d'estimer la productivité du milieu pour la conchyliculture. Des mesures physico-chimiques (température, salinité, turbidité, oxygène dissous, nutriments) sont réalisées simultanément aux observations phytoplanctoniques.

L'ensemble de ces données est utilisée en particulier pour répondre à l'une des exigences de la Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE), sur l'évaluation de la qualité des masses d'eau du point de vue de l'élément phytoplancton et des paramètres physico-chimiques associés. La base de données Quadrige² hébergeant ces données qui, pour certains lieux de prélèvement, forment des séries temporelles de plus de 25 ans, est donc la plus importante base sur la biodiversité du phytoplancton marin du littoral français. Ces données sont largement utilisées par la communauté scientifique, nationale ou internationale.

5.1.2. Aspects sanitaires

Les stratégies d'échantillonnage décrites ci-dessus incluent l'observation du phytoplancton toxique qui produit des phycotoxines (ou toxines d'algues), susceptibles de s'accumuler dans les coquillages, les rendant ainsi dangereux pour la consommation. Le dispositif est cependant complété par une centaine de

⁶ Les exigences réglementaires européennes sont : la DCE Directive Cadre Eau pour la partie environnementale, le "Paquet Hygiène" pour la partie sanitaire

lieux de prélèvement dédiés à l'aspect sanitaire, échantillonnés pendant les épisodes toxiques et seulement pour ces espèces nuisibles. Une fréquence de prélèvement augmentée sur ces lieux (une fois par semaine) permet de suivre de façon précise les développements du phytoplancton à petite échelle.

Le REPHY comporte également de nombreux lieux de prélèvement "coquillages" (environ 270 au total), destinés à la recherche des phycotoxines. Cette surveillance concerne exclusivement les coquillages dans leur milieu naturel (parcs, gisements), et seulement pour les zones de production et de pêche, à l'exclusion des zones de pêche récréative.

Les risques pour la santé humaine sont actuellement en France liés à trois familles de toxines :

- les toxines lipophiles incluant les diarrhéiques ou DSP⁷, produites par des espèces phytoplanctoniques appartenant majoritairement au genre *Dinophysis* ; elles peuvent provoquer des intoxications de type diarrhémique
- les toxines paralysantes ou PSP⁸, produites par des espèces appartenant majoritairement au genre *Alexandrium* ; ce sont des neurotoxines pouvant provoquer des intoxications graves, voire mortelles
- les toxines amnésiantes ou ASP⁹, produites par des espèces appartenant majoritairement au genre *Pseudo-nitzschia* ; ce sont des neurotoxines pouvant conduire à des atteintes neurologiques graves, voire mortelles, avec perte de mémoire

La stratégie générale de surveillance des phycotoxines est adaptée aux caractéristiques de ces trois familles, et elle est différente selon que les coquillages sont proches de la côte, ou bien sur des gisements au large. Pour les gisements et les élevages côtiers, la stratégie retenue pour les risques PSP et ASP est basée sur la détection dans l'eau des espèces présumées productrices de toxines (*Alexandrium* et *Pseudo-nitzschia*), qui déclenche, en cas de dépassement du seuil d'alerte phytoplancton¹⁰, la recherche des phycotoxines correspondantes dans les coquillages. Pour le risque toxines lipophiles dans les gisements et élevages côtiers, une surveillance systématique des coquillages est assurée dans les zones à risque et en période à risque : celles-ci sont définies à partir des données historiques sur les trois années précédentes et actualisées tous les ans. Pour les gisements au large, la stratégie est basée sur une surveillance systématique des trois familles de toxines (lipophiles, PSP, ASP), avant et pendant la période de pêche.

Une autre famille de phycotoxines (palytoxines) ayant été observée récemment dans des oursins de Méditerranée, une surveillance adaptée a été mise en place en 2007 sur ce littoral. Les palytoxines peuvent conduire à des troubles respiratoires chez les baigneurs et promeneurs après inhalation d'embruns contaminés, et aussi à des intoxications par consommation de produits marins contaminés. Une surveillance de l'espèce incriminée (*Ostreopsis*) est assurée dans l'eau, et la recherche des palytoxines est effectuée dans les oursins en période de pêche professionnelle, et dans les coquillages si le seuil d'alerte *Ostreopsis* (correspondant à une concentration de 4000 cellules par litre) est dépassé.

5.2. Aspects environnementaux : résultats phytoplancton

Le schéma classique d'évolution saisonnière des populations phytoplanctoniques en milieu tempéré est constitué de différents cycles, comportant des périodes de "blooms", c'est à dire des proliférations importantes de phytoplancton. Ces blooms sont souvent monospécifiques, c'est à dire qu'une seule espèce participe à l'augmentation de la biomasse, les autres espèces restant à leur niveau habituel. C'est au

⁷ DSP : Diarrheic Shellfish Poisoning

⁸ PSP : Paralytic Shellfish Poisoning

⁹ ASP : Amnesic Shellfish Poisoning

¹⁰ ce seuil d'alerte phytoplancton est variable selon les espèces et selon les régions

printemps que l'on observe généralement les abondances maximales avec les blooms à "diatomées"¹¹, qui profitent des apports importants de nutriments par les rivières après le lessivage des bassins versants par les pluies hivernales. En effet les diatomées, non mobiles dans la colonne d'eau, sont très dépendantes des apports en nutriments : les conditions favorables à leur prolifération sont donc réunies au printemps, lorsque l'enrichissement des eaux littorales est à son maximum, et que l'allongement de la durée du jour favorise la photosynthèse. L'été voit plutôt des blooms à "dinoflagellés"¹². En effet, ceux-ci, plus mobiles grâce aux flagelles qui leur permettent de se déplacer dans la colonne d'eau, profitent au maximum d'une quantité plus limitée de nutriments, qui ont été en grand partie consommés au printemps lors des blooms à diatomées. Un nouveau pic de blooms généralement moins importants qu'au printemps, peut ensuite être observé en automne, avec de nouveaux apports en nutriments faisant suite aux pluies automnales. Enfin la période hivernale est une période de moindre abondance.

5.2.1. Blooms phytoplanctoniques

La fréquence des blooms phytoplanctoniques, les taxons responsables de ces blooms et les concentrations maximales observées, sont des éléments d'appréciation du fonctionnement des écosystèmes, et éventuellement de leur dégradation. Le tableau en annexe REPHY 1 détaille les taxons du phytoplancton (genres, espèces, etc.) pour lesquels des concentrations supérieures à 100 000 cellules par litre ont été observées durant l'année 2013 sur les trois façades : Manche, Atlantique et Méditerranée. Les nuances de couleurs sont différentes selon que les concentrations maximales observées sur un mois, sont comprises entre 100 000 et un million de cellules par litre, ou bien supérieures à un million de cellules par litre. En effet, les effets réellement nuisibles de proliférations trop importantes (par exemple la diminution de l'oxygène disponible conduisant à des mortalités d'animaux marins) apparaissent souvent à des concentrations supérieures à un ou plusieurs millions de cellules par litre, Néanmoins ceci n'est pas toujours valable pour les espèces produisant des toxines, qui peuvent occasionner des nuisances à des concentrations moindres.

Ce tableau montre de façon manifeste que les *Bacillariophyta* (diatomées) sont responsables de la majorité des blooms sur l'ensemble du littoral français : en nombre de taxons responsables, mais aussi en nombre de mois concernés et en concentrations. Viennent ensuite les *Dinophyceae* (dinoflagellés), puis quelques taxons appartenant à des groupes différents.

- *Bacillariophyta*

Certains taxons appartenant à cette classe sont retrouvés sur les trois façades une grande partie de l'année, plus particulièrement entre mars et octobre, à des concentrations très importantes : *Chaetoceros* et *Pseudo-nitzschia*. A noter que des espèces de *Pseudo-nitzschia* sont susceptibles de produire des toxines amnésiantes, mais qu'il n'est pas possible avec les moyens d'observation actuels de quantifier le pourcentage de leur contribution dans les blooms par rapport à celle des espèces non toxiques.

D'autres taxons prolifèrent plus particulièrement dans une des trois façades, à des concentrations variables, par exemple :

- seulement ou surtout en Manche et Atlantique : *Asterionellopsis glacialis*, *Leptocylindrus*, *Thalassiosira*
- seulement ou surtout en Atlantique : *Attheya armata*, *Thalassionema*
- plutôt ou surtout en Atlantique et Méditerranée : *Skeletonema costatum*, *Nitzschia longissima*

¹¹ diatomées ou Bacillariophyta : classe de phytoplancton, avec squelette siliceux externe et absence de flagelles

¹² dinoflagellés ou Dinophyceae : classe de phytoplancton, dont les espèces comportent des flagelles

- *Dinophyceae*

Des blooms de *Dinophyceae* sont observés sur les trois façades. Parmi les concentrations importantes, il faut noter *Lepidodinium chlorophorum* en Manche-Atlantique : cette espèce forme des eaux vertes très caractéristiques susceptibles de conduire à des anoxies en fin de bloom, mais elle ne produit pas de toxines. En 2013, les proliférations importantes ont été observées en baie de Seine, au large de la Loire, et en baie de Bourgneuf (Vendée).

- **Autres groupes**

Ils concernent en particulier :

- le sous-embanchement des *Cyanobacteria*, dont les blooms ont tous été observés pour 2013 dans le lac d'Hossegor
- la classe des *Cryptophyceae*, sur toutes les façades, avec des proliférations importantes sur plusieurs zones du littoral de Bretagne sud pour l'Atlantique, et en rade de Toulon pour la Méditerranée
- la classe des *Prymnesiophyceae*, avec en particulier *Phaeocystis*, considéré comme nuisible du fait de la formation de mousses pouvant conduire à des asphyxies par effet mécanique chez les poissons : des concentrations très importantes de ce genre (jusqu'à 14 millions de cellules par litre) ont été observées entre la frontière belge et la baie de Somme, d'avril à mai
- la classe des Raphidophyceae, avec en particulier *Heterosigma akashiwo*, espèce connue pour être toxique pour les poissons : des concentrations importantes ont été observées en baie de Vilaine (Bretagne sud) en août

5.2.2. Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux (DCE)

Les données phytoplancton contribuent à évaluer la qualité des masses d'eau dans le cadre de la DCE, selon un système à cinq classes : état très bon, bon, moyen, médiocre ou mauvais. Les résultats synthétiques d'une évaluation réalisée sur la période 2008-2013, sont présentés dans les cartes de l'**annexe REPHY 2** : ils intègrent les résultats obtenus à partir des données chlorophylle représentatives de la biomasse du phytoplancton, et des données relatives à la fréquence des blooms représentatives de l'abondance du phytoplancton, en un indicateur unique donnant une évaluation globale de la qualité des masses d'eaux pour l'élément de qualité phytoplancton. Il faut bien noter que (i) cette évaluation résulte d'une intégration des résultats sur six années et non sur la seule année 2013, (ii) ces résultats confortent globalement ceux qui sont détaillés dans Belin *et al.* (2014)¹³ pour la période 2007-2012.

Les masses d'eau évaluées sont celles qui ont été définies comme les masses d'eau officielles à surveiller, et sont réparties en deux groupes : masses d'eaux côtières et masses d'eau de transition, ces dernières étant soit des zones de mélange eau douce / eau marine comme les estuaires, soit des lagunes méditerranéennes.

Les résultats de cette évaluation montrent que la qualité des masses d'eau françaises est globalement bonne pour l'élément phytoplancton, puisque 91 masses d'eau sur 112 évaluées (soit 81%) sont jugées en

¹³ Belin C., Lamoureux A. & Soudant D., 2014. Evaluation de la qualité des eaux littorales de la France métropolitaine pour l'élément de qualité Phytoplancton dans le cadre de la DCE. Etat des lieux des règles d'évaluation, et résultats pour la période 2007-2012. Rapport DYNECO / VIGIES / 14-05, avril 2014.

Tome 1 - Etat des lieux, méthodes et synthèse des Résultats

<http://envlit.ifremer.fr/content/download/81901/580117/version/3/file/Evaluation+DCE+phytoplancton+2007-2012+-+Tome+1.pdf>

Tome 2 - Résultats détaillés : fiches par masse d'eau et éléments d'expertise

<http://envlit.ifremer.fr/content/download/81902/580120/version/4/file/Evaluation+DCE+phytoplancton+2007-2012+-+Tome+2.pdf>

état bon ou très bon. L'évaluation en état moyen (8 masses d'eau) concerne des masses d'eau côtières et des masses d'eau de transition : toutes les masses d'eau côtières du littoral Artois Picardie, celles situées à proximité de grands estuaires (sud baie de Seine, baie de Vilaine côte), et deux lagunes méditerranéennes dont l'étang de Berre. L'évaluation en état médiocre (9 masses d'eau) ne concerne que des masses d'eau de transition : baie de Somme en Artois Picardie, et huit lagunes méditerranéennes dont une en Corse. L'évaluation en état mauvais (4 masses d'eau) ne concerne que des lagunes méditerranéennes.

Dans certains cas, en particulier pour les eaux de transition, le nombre de données n'est pas encore suffisant pour une évaluation fiable, l'évaluation donnée aujourd'hui est donc susceptible d'être revue.

5.3. Aspects sanitaires : résultats phytoplancton toxique et phycotoxines

Les coquillages sont considérés comme dangereux pour la consommation quand les concentrations en phycotoxines observées dans les coquillages sont supérieures aux seuils sanitaires officiels. En 2013, les méthodes et les seuils sanitaires définis par la réglementation européenne sont les suivants :

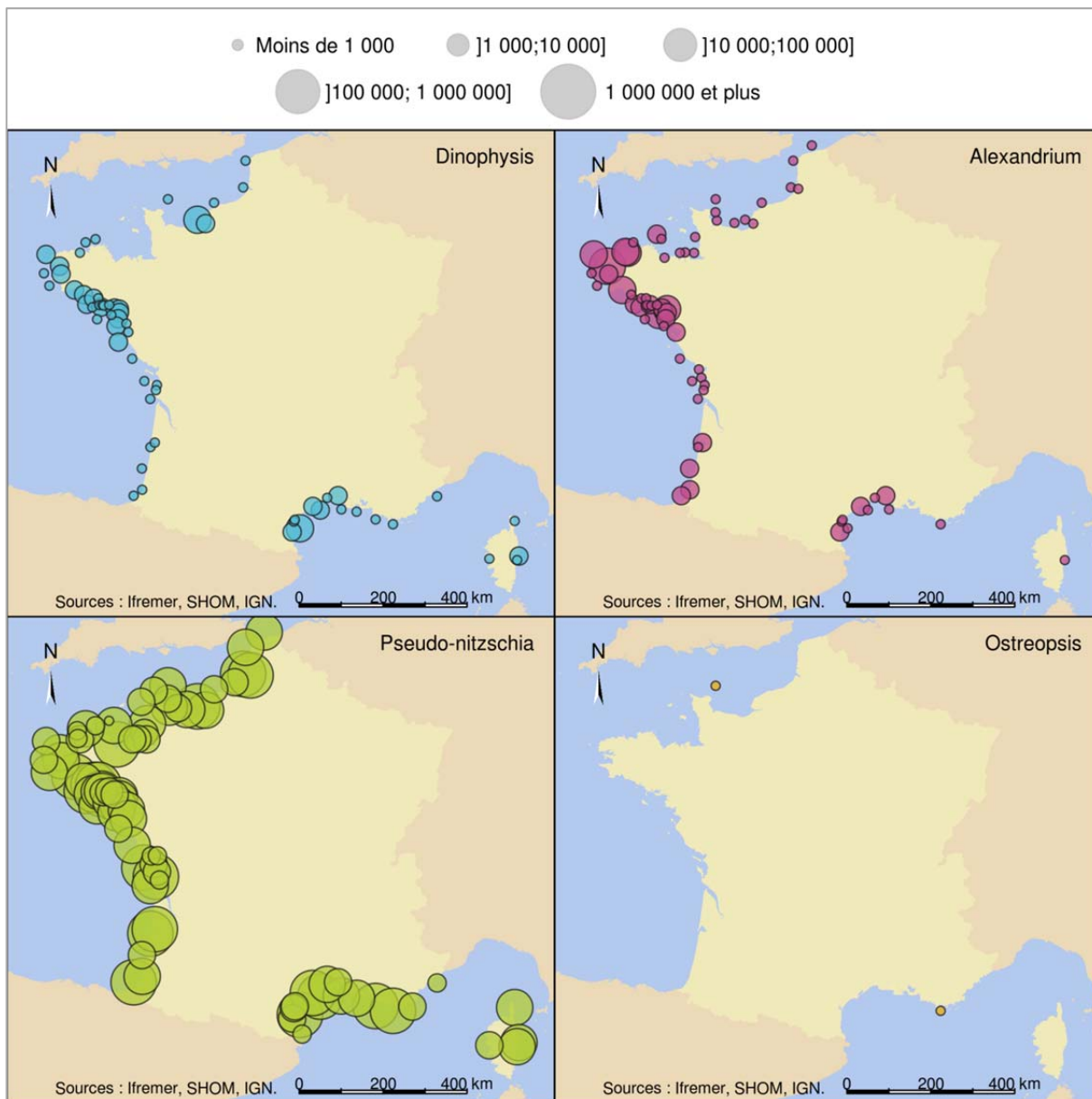
- toxines lipophiles : analyse chimique par CL-SM/SM¹⁴ - 160 µg / kg de chair de coquillage pour les familles AO+DTXs+PTXs¹⁵ et Azaspiracides, 3750 µg / kg pour la famille des Yessotoxines
- toxines paralysantes : bio-essai sur souris - 800 µg / kg de chair de coquillage
- toxines amnésiantes : analyse chimique par CL/UV¹⁶ - 20 mg / kg de chair de coquillage

Les cartes en figure 5.1 visualisent les zones géographiques dans lesquelles ont été observées en 2013 des espèces phytoplanctoniques susceptibles de produire les phycotoxines citées ci-dessus : *Dinophysis* pour les toxines lipophiles, *Alexandrium* pour les toxines paralysantes, *Pseudo-nitzschia* pour les toxines amnésiantes, *Ostreopsis* pour les palytoxines. On constate que pour les trois premiers cas, les espèces phytoplanctoniques en cause sont globalement observées sur toutes les façades, mais que les concentrations maximales sont beaucoup plus importantes pour *Pseudo-nitzschia*, très souvent supérieures à 100 000 cellules par litre et même à un million. Par comparaison, les concentrations maximales de *Dinophysis* sont toujours inférieures à 10 000 cellules par litre, à deux exceptions près : dans un étang du Languedoc Roussillon en juin (étang des Capellans, 48 200 cellules par litre), et au nord de la baie de Seine (Antifer, 11 200 cellules par litre). Les concentrations maximales d'*Alexandrium* sont, quant à elles, toujours inférieures à 100 000 cellules par litre, à une exception près en rade de Brest (122 000 cellules par litre en juillet), et souvent inférieures à 10 000 cellules par litre sauf dans quelques zones de Bretagne (rivières de Morlaix et de Penzé, Abers, baie de Concarneau, Vilaine). *Ostreopsis* n'a été observé qu'à de très faibles concentrations (max : 200 cellules par litre) et dans seulement deux zones.

¹⁴ CL-SM/SM = Chromatographie Liquide par Spectrométrie de Masse

¹⁵ AO+DTXs+PTXs = Acide Okadaïque + Dinophysistoxines + Pectenotoxines

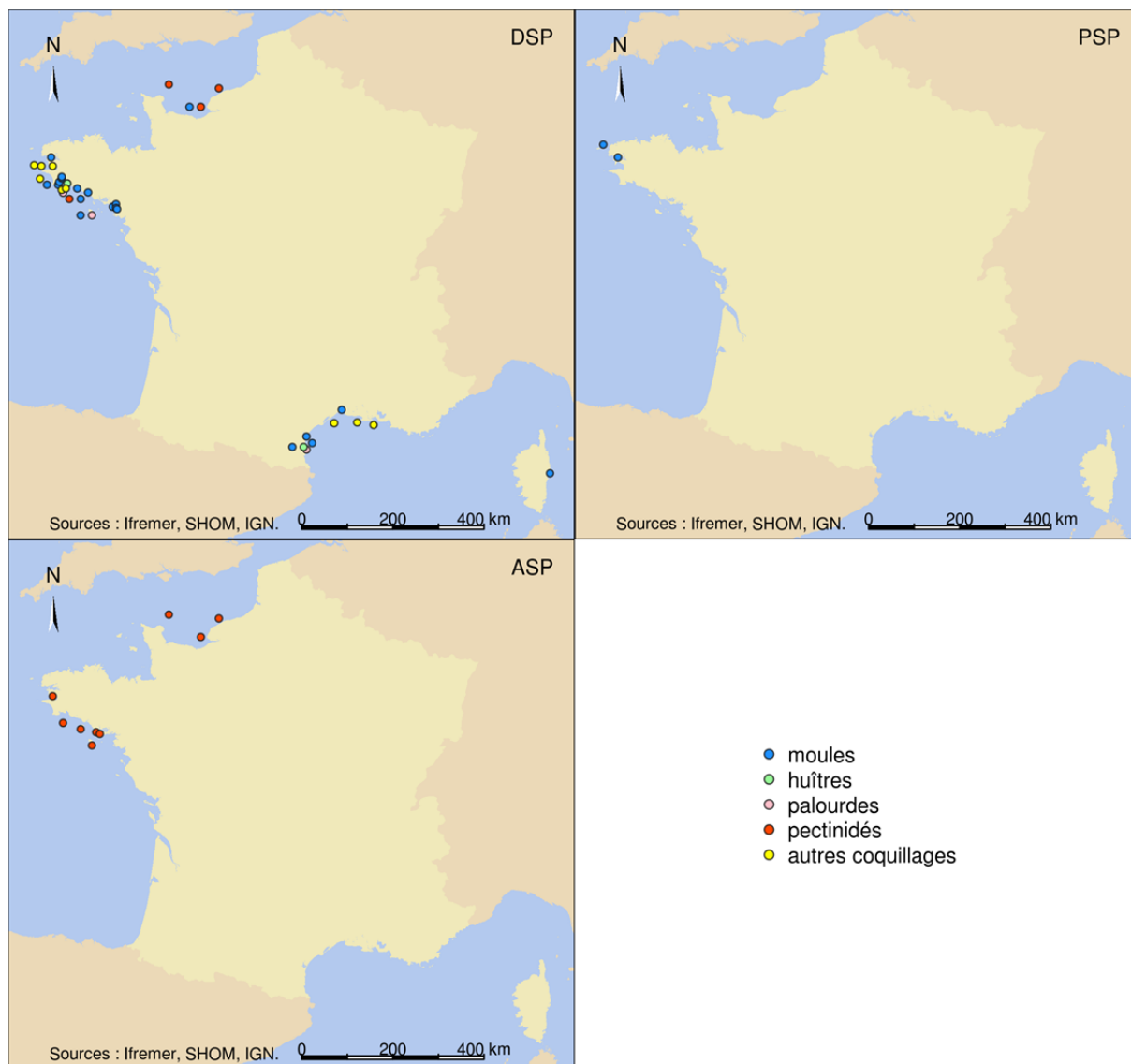
¹⁶ CL/UV = Chromatographie Liquide / Ultra-Violet



Dinophysis : potentiellement producteur de toxines lipophiles
Alexandrium : potentiellement producteur de toxines paralysantes
Pseudo-nitzschia : potentiellement producteur de toxines amnésiantes
Ostreopsis : potentiellement producteur de palytoxines

Figure 5.1 : Zones pour lesquelles ont été observées en 2013 des espèces phytoplanctoniques potentiellement productrices de phycotoxines : concentration maximale en cellules par litre, par zone, sur l'année

Les cartes en figure 5.2 visualisent la répartition des épisodes toxiques liés aux phycotoxines en 2013. Des épisodes de contamination des coquillages liés à la présence de phycotoxines ont été observés sur les trois façades pour les toxines lipophiles, en Manche - Atlantique pour les toxines paralysantes (PSP) et amnésiantes (ASP). La présence de palytoxines n'a pas été détectée en Méditerranée.



DSP : toxines lipophiles
 PSP : toxines paralysantes
 ASP : toxines amnésiantes

Figure 5.2 : Zones et coquillages touchés en 2013 par la présence de phycotoxines en concentration supérieure aux seuils sanitaires (voir détail des coquillages dans l'annexe REPHY 7)

5.3.1. Toxines lipophiles, incluant les toxines DSP

Les résultats obtenus sur toutes les zones du littoral français sont présentés dans un tableau figurant en annexe REPHY 3 : concentration maximale par mois pour *Dinophysis*, et résultat maximal par mois et par coquillage pour les analyses de toxines. Les correspondances nom latin / nom français pour les coquillages sont indiquées en annexe REPHY 7.

Des épisodes toxiques ont été observés dans plusieurs régions du littoral, sur divers coquillages et à différentes époques de l'année :

- pays de Caux et baie de Seine : dans les moules et les coquilles St Jacques, en été et automne
- Bretagne ouest : principalement dans les donax, mais aussi les moules ou les amandes, au printemps-été
- Finistère sud : dans divers coquillages (moules, donax, palourdes roses, coques, huîtres) principalement en été
- Morbihan – Loire Atlantique : principalement dans les moules, mais aussi dans les palourdes roses, en été, et dans les coquilles St Jacques à l'automne
- Pyrénées Orientales – Aude : dans les moules et les palourdes en été
- étang de Salses Leucate : dans les moules et les huîtres, toute l'année sauf en été
- Côtes languedocienne et camarguaise + golfe de Fos : dans les donax en été
- étangs palavasiens : dans les moules en hiver
- étang de Diana en Corse : dans les moules à l'automne

Ces épisodes sont tous expliqués par la présence du groupe des toxines réglementées AO+DTXs+PTXs, pour lequel le seuil sanitaire réglementaire est de 160 µg/kg. L'épisode toxique caractérisé par les toxicités les plus importantes pour l'année 2013 a été observé en baie de Concarneau en juillet : jusqu'à 14 127 µg/kg dans les moules, 2200 dans les coques. En dehors de cet épisode, les toxicités maximales observées dans les différents coquillages sont les suivantes : (i) pour les huîtres, dans l'étang de Salses-Leucate avec 399 µg/kg, (ii) pour les donax, en baie de Douarnenez avec 4792 µg/kg, (iii) pour les amandes, en baie de Douarnenez avec 362 µg/kg, (iv) pour les coquilles St Jacques, au large de la baie de Seine avec 282 µg/kg, (v) pour les palourdes roses, dans la zone de Belle île-Houat-Hoëdic (Morbihan), avec 296 µg/kg, (vi) pour les palourdes sur le littoral Pyrénées Orientales – Aude, avec 842 µg/kg.

Pour les deux autres groupes réglementés, en dehors de la famille AO+DTXs+PTXs : (i) les Azaspiracides n'ont été observés dans aucun échantillon de coquillages, (ii) pour les Yessotoxines; les résultats ont toujours été très largement inférieurs aux seuils sanitaires, avec un maximum de 232 µg/kg, valeur très faible au regard du seuil sanitaire égal à 3750 µg/kg.

Les épisodes de toxicité ont été la plupart du temps précédés de développements de *Dinophysis* dans la même zone ou dans une zone adjacente, à des concentrations différentes selon les cas, par exemple :

- inférieures à 1000 cellules par litre : baie d'Audierne, golfe de Fos
- comprises entre 1000 et 10 000 cellules par litre : rade de Brest, baie de Douarnenez, baie de Concarneau, rade de Lorient-Groix, baie de Vilaine, étang de Salses Leucate, côte languedocienne, étang de Diana
- supérieures à 10 000 cellules par litre : baie de Seine, et dans un étang du littoral Pyrénées Orientales-Aude

A l'inverse, des concentrations supérieures à 1000 cellules par litre et parfois même 10 000 cellules par litre, et donc non négligeables sachant que *Dinophysis* peut être toxique à très faible concentration, n'ont pas conduit à des épisodes toxiques : c'est le cas par exemple en baie et rivière d'Étel, dans les Traicts du Croisic (avec plus de 10 000 cellules par litre), en baie de Bourgneuf, sur la côte vendéenne (plus de 10 000 cellules), dans le bassin d'Arcachon, dans l'étang de Thau (plus de 10 000 cellules).

En termes de tendances, les épisodes de toxicité lipophile sont relativement stables depuis plusieurs années, touchant des zones similaires d'une année à l'autre, avec une variété assez importante de coquillages touchés.

5.3.2. Toxines paralysantes (PSP)

Les résultats obtenus sur toutes les zones du littoral français sont présentés dans un tableau figurant en annexe REPHY 4 : concentration maximale par mois pour *Alexandrium* et résultat maximal par mois et par coquillage pour les tests de toxicité. Les correspondances nom latin / nom français pour les coquillages sont indiquées en annexe REPHY 7.

Un épisode de toxicité PSP a été observé dans deux zones de Bretagne ouest : en rade de Brest en juillet-août, et dans l'Aber Wrac'h en septembre, avec des toxicités maximales respectivement égales à 1338 µg/kg dans les moules de la rade de Brest, et de 1368 µg/kg dans les moules de l'Aber Wrac'h. Ces épisodes avaient été précédés de proliférations d'*Alexandrium* à hauteur de 122 000 cellules par litre en rade de Brest, et de 66 000 cellules par litre dans l'Aber Wrac'h.

Malgré des proliférations à plus de 10 000 cellules par litre, la rivière de Morlaix, la Penzé, la baie de Concarneau et la baie de Vilaine, n'ont pas connu d'épisodes de toxicité PSP.

Dans toutes les autres zones, *Alexandrium* n'a été observé qu'à des concentrations inférieures à 10 000 cellules par litre et aucune trace de toxines PSP n'a été observée.

En termes de tendances, les épisodes de toxicité PSP sont très rares depuis plusieurs années sur l'ensemble du littoral. Les épisodes de l'ouest Bretagne, même s'ils n'ont pas atteint l'ampleur de celui de 2012 en rade de Brest, rappellent qu'il faut rester vigilant, ces toxines PSP étant particulièrement dangereuses.

5.3.3. Toxines amnésiantes (ASP)

Les résultats obtenus sur toutes les zones du littoral français sont présentés dans un tableau figurant en annexe REPHY 5 : concentration maximale par mois pour *Pseudo-nitzschia* et résultat maximal par mois et par coquillage pour les analyses de toxines. Les correspondances nom latin / nom français pour les coquillages sont indiquées en annexe REPHY 7.

Les épisodes de toxicité ASP ont concerné en 2013 plusieurs zones en Normandie et en Bretagne ouest et sud, et n'ont affecté que les coquilles St Jacques. En Normandie, les toxicités ont été fortes, avec un maximum de 224 mg/kg en baie de Seine (sachant que le seuil sanitaire est de 20). En Bretagne, le maximum a été observé aux Glénan (Finistère sud), avec 89 mg/kg.

Dans la plupart des cas, ces épisodes de toxicité sont difficiles à relier directement à des proliférations de *Pseudo-nitzschia*. En effet, la stratégie de surveillance appliquée aux coquillages de pêche en gisements profonds, comme les coquilles St Jacques et les pétoncles, permet de connaître l'état de la contamination seulement pendant les périodes de pêche. Pour ces coquillages, l'information sur le phytoplancton toxique présent à proximité des coquilles est le plus souvent indisponible, les prélèvements d'eau ne pouvant être effectués à grande profondeur dans le contexte de la surveillance REPHY. En outre, les périodes de contamination des coquilles St Jacques en toxines ASP sont souvent très longues, pouvant durer plusieurs mois après disparition de l'espèce toxique responsable : pour de nombreuses zones, les épisodes 2013 sont un prolongement de ceux de 2012, et donc la conséquence de proliférations antérieures de *Pseudo-nitzschia*.

Quoiqu'il en soit, comme les années antérieures, des proliférations de *Pseudo-nitzschia* sont observées sur l'ensemble du littoral (cf. fig. 5.1.) avec des concentrations dépassant très souvent 100 000 cellules par litre, et même dans plusieurs zones un ou plusieurs millions de cellules par litre, par exemple en baie de Somme et au large (5 millions), sur la côte basque (2 800 000), sur la côte languedocienne (3 500 000), dans l'étang de Thau (4 millions), à Marseille-calanques (3 800 000).

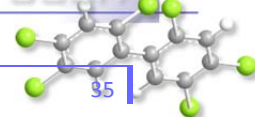
En termes de tendances, les épisodes de toxicité ASP touchent essentiellement les coquilles St Jacques, tous les ans depuis 2006, à l'exception de l'année 2010 qui avait été une année totalement atypique avec diverses espèces de coquillages affectées. A ce titre, l'année 2013 est une année qui se situe plutôt dans la série moyenne sur la période 2006-2012.

5.3.4. Palytoxines

Le tableau en annexe REPHY 6 détaille les résultats par mois des concentrations maximales pour *Ostreopsis* et donne une indication sur les résultats obtenus pour les palytoxines. L'information sur le phytoplancton est disponible sur l'ensemble du littoral, par contre les palytoxines ne sont recherchées qu'en Méditerranée, car seule cette façade est à risque actuellement pour ces toxines.

Ostreopsis est une espèce benthique, qui vit principalement sur un substrat (par exemple sur les macroalgues). Elle n'est donc observée dans la colonne d'eau qu'après brassage des eaux à la suite de forts coups de vent : c'est aussi dans ces conditions qu'elle devient dangereuse puisque les toxines sont alors disséminées dans les embruns. Ainsi, les concentrations observées dans l'eau ne représentent pas la totalité des cellules présentes dans la zone, mais elles permettent de prévoir d'éventuels épisodes toxiques.

En 2013, *Ostreopsis* n'a jamais été observé dans la colonne d'eau dans le cadre du REPHY, à l'exception d'une fois en rade de Toulon en août, avec une concentration très faible (100 cellules par litre), et de façon anecdotique au large de la baie de Seine (200 cellules par litre). Le seuil d'alerte pour *Ostreopsis* (égal à 4000 cellules par litre) n'ayant jamais été atteint en Méditerranée, et en accord avec la stratégie définie, la recherche des palytoxines n'a donc été faite que sur des oursins en période de pêche professionnelle, c'est-à-dire de janvier à avril et de novembre à décembre. Plusieurs zones d'oursins étaient concernées : (i) pour Marseille-calanques : la Côte Bleue, Frioul (rade de Marseille) et les îles Embiez, (ii) pour Cannes-Menton : Cannes Ste Marguerite et Théoule sur mer, (iii) pour la Corse : le golfe d'Ajaccio. Les résultats de ces analyses sont tous inférieurs aux seuils de détection, ce qui est cohérent avec l'absence d'*Ostreopsis* en 2013.



6. Réseau d'observation de la contamination chimique

6.1. Contexte, objectifs et mise en œuvre du ROCCH

Les moules et les huîtres sont ici utilisées comme indicateurs quantitatifs de contamination. Ces mollusques possèdent en effet, comme de nombreux organismes vivants, la propriété de concentrer certains contaminants chimiques présents dans le milieu où ils vivent (métaux, contaminants organiques hydrophobes). Le processus de bioaccumulation est lent et peut nécessiter plusieurs mois de présence d'un coquillage sur un site pour que sa concentration en contaminant soit représentative de la contamination du milieu ambiant. On voit ainsi l'avantage d'utiliser de tels indicateurs : concentrations plus élevées que dans l'eau, facilitant les analyses et les manipulations d'échantillons ; représentativité de l'état chronique du milieu permettant de s'affranchir des fluctuations rapides de celui-ci. C'est pourquoi de nombreux pays ont développé des réseaux de surveillance basés sur cette technique sous le terme générique de "Mussel Watch".

De 1979 à 2007, le principal outil de connaissance des niveaux de contamination chimique du littoral était constitué par le suivi RNO basé sur ce principe. Les résultats servaient également à l'évaluation sanitaire des zones conchylicoles d'où provenaient les mollusques utilisés. Depuis 2008 le suivi chimique ROCCH coordonné et réalisé par l'Ifremer ne concerne plus que les trois métaux réglementés (Cd, Hg et Pb) ainsi que quelques contaminants organiques (HAP, PCB, dioxines) au titre de la surveillance sanitaire des zones de production conchylicole, pour le compte de la DGAL.

Cependant, à l'initiative de l'Ifremer, les échantillons donnent également lieu à l'analyse de cinq métaux non réglementés, zinc, cuivre, argent, nickel et chrome. Seuls seront présentés ici les trois métaux réglementés plus le zinc et le cuivre car les autres métaux et les contaminants organiques sont mesurés sur un nombre de lieu de prélèvement trop faible pour une étude statistique valable. De plus les contaminants organiques sont mesurés sur des lieux sélectionnés pour un éventuel risque sanitaire, ce qui biaise irrémédiablement les médianes nationales.

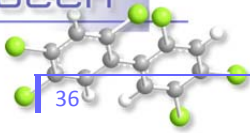
A partir de 2009, le nombre de points de prélèvements et taxons cibles a été augmenté de façon à couvrir au mieux les zones de production et les espèces commercialisées. Cependant ne seront présentés ici que les résultats acquis sur les moules et les huîtres, le nombre d'échantillons concernant d'autres espèces étant trop limité pour une exploitation statistique.

Concentrations maximales admises dans les coquillages destinés à la consommation humaine
(Règlements CE 466/2001 et CE 221/2002)

Métal	mg.kg ⁻¹ poids frais	Equivalence approximative mg.kg ⁻¹ poids sec
Cadmium	1,0	5,0
Mercure	0,5	2,5
Plomb	1,5	7,5

6.2. Résultats de la surveillance chimique

Dans ce qui suit, deux éléments sont pris en compte, d'une part l'évolution de la médiane nationale (déterminée sur une base de cinq ans) pour connaître l'évolution de la contamination chimique à l'échelle de l'ensemble du littoral (figures 6.1 et 6.2), d'autre part le positionnement local par rapport à cette médiane nationale pour la même espèce (figures 6.3 et 6.4). Pour identifier les secteurs de surveillance soumis à des contaminations chimiques significatives, nous avons arbitrairement identifié quatre classes : la



première, de 0 à 2 fois la médiane nationale, correspond à des sites sans contamination particulière ; la dernière, plus de 6 fois la médiane nationale, correspond à des sites particulièrement contaminés par le métal considéré. Des niveaux supérieurs à 17 fois la médiane nationale peuvent être observés pour certains contaminants. Enfin, on trouvera dans le tableau 6.1 une synthèse des résultats de la surveillance chimique par zone géographique.

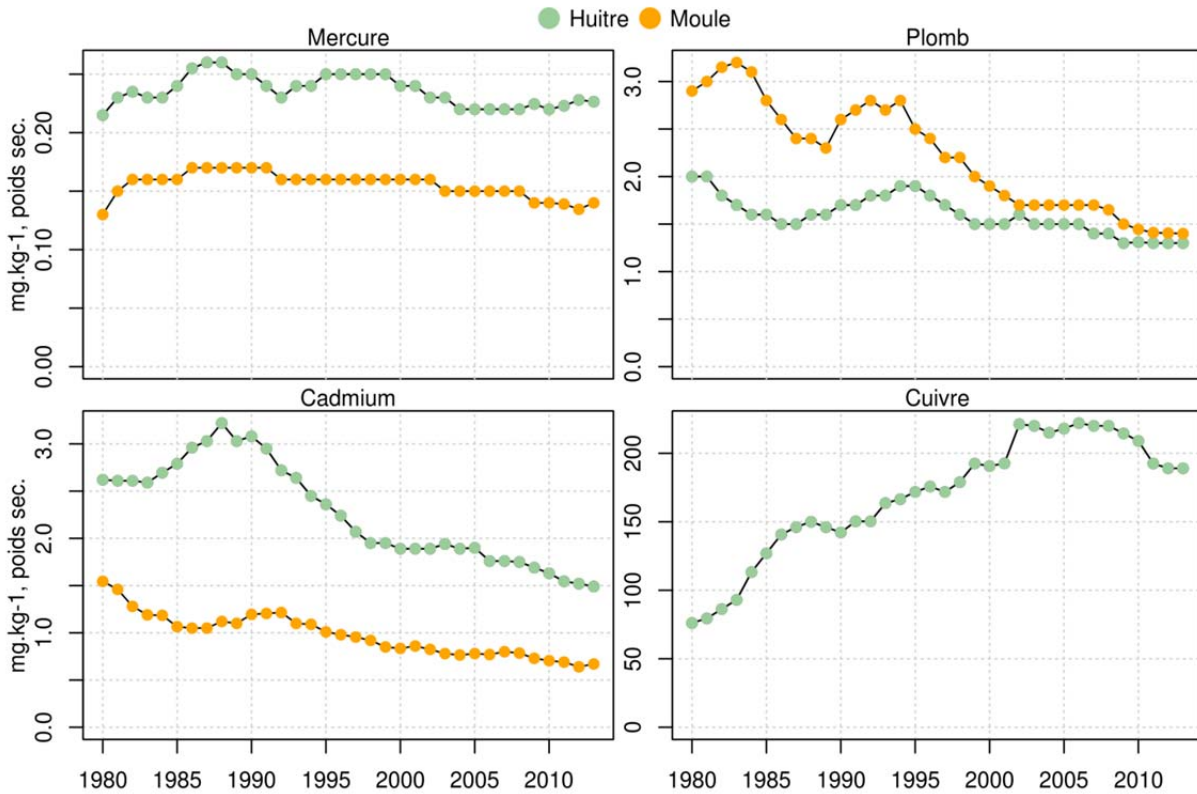


Figure 6.1 - Surveillance chimique. Evolution de la contamination par le mercure, le plomb, le cadmium et le cuivre à l'échelle nationale (médianes sur cinq ans exprimées par rapport au poids sec). Les moules régulent le cuivre et ne sont pas de bons indicateurs pour ce métal. Les résultats correspondant ne figurent donc pas ici.

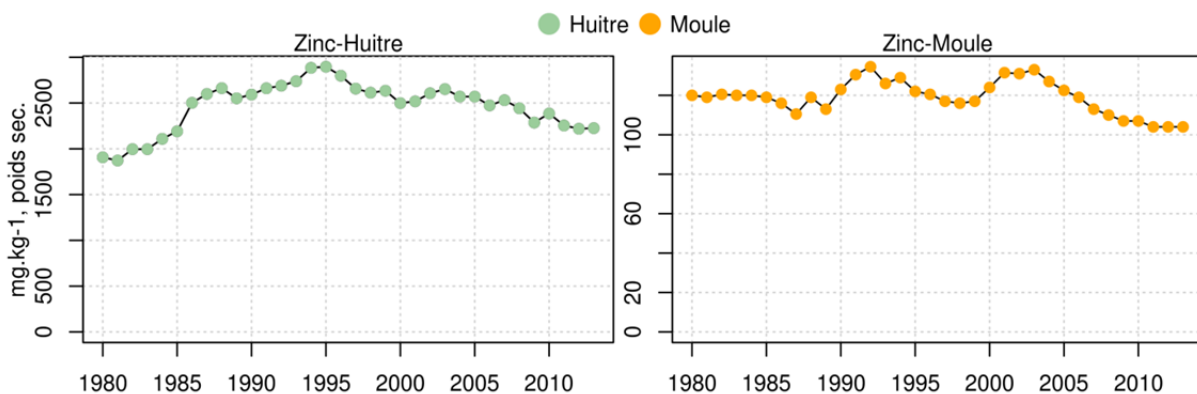


Figure 6.2 - Surveillance chimique. Evolution de la contamination par le zinc à l'échelle nationale (médianes sur cinq ans exprimées par rapport au poids sec). Pour ce métal les taux de bioaccumulation des huîtres et des moules sont très différents. C'est pourquoi il n'est pas possible de représenter leurs médianes respectives sur un même graphique (noter les différences d'échelles en ordonnée).

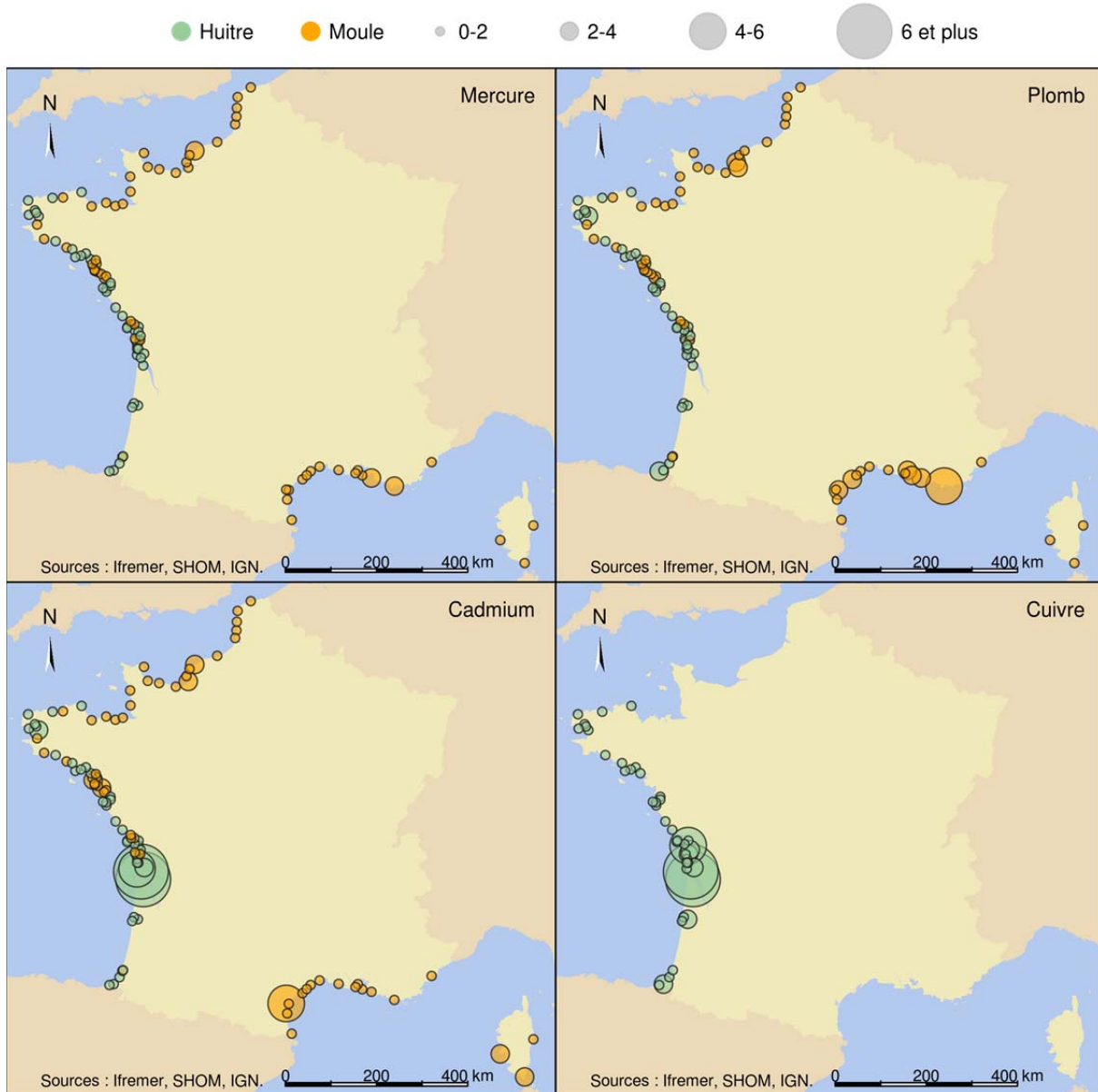


Figure 6.3 - Surveillance chimique. Comparaison des médianes des concentrations en mercure, plomb, cadmium et cuivre par point de prélèvement aux médianes nationales pour les cinq dernières années. Quatre classes ont été identifiées : la première, de 0 à 2 fois la médiane nationale, correspond à des sites sans contamination particulière; la dernière, plus de 6 fois la médiane nationale, correspond à des sites particulièrement contaminés par le métal considéré. Les moules régulent le cuivre et ne sont pas de bons indicateurs pour ce métal. Seuls les résultats acquis dans les huîtres figurent donc sur la carte.

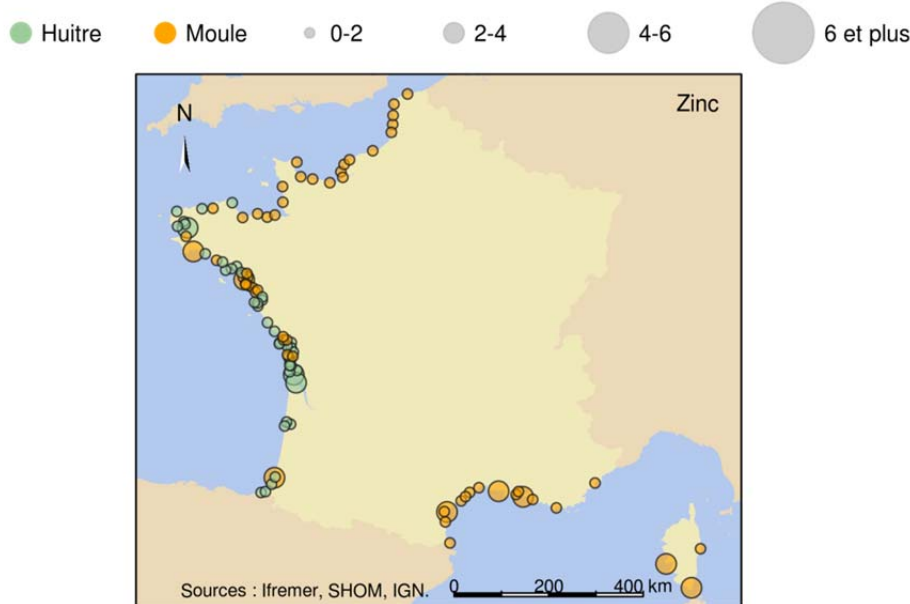
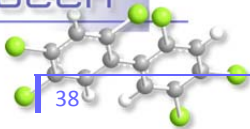


Figure 6.4 - Surveillance chimique. Comparaison des médianes des concentrations en zinc par point de prélèvement aux médianes nationales pour les cinq dernières années. Quatre classes ont été identifiées : la première, de 0 à 2 fois la médiane nationale, correspond à des sites sans contamination particulière; la dernière, plus de 6 fois la médiane nationale, correspond à des sites particulièrement contaminés. Pour le zinc, aucun point ne présente de médiane correspondant aux deux catégories supérieures.

Mercuré (Hg)

Le mercure est un élément rare de la croûte terrestre et le seul métal volatil. Naturel ou anthropique, il peut être transporté en grandes quantités par l'atmosphère. Les sources naturelles en sont le dégazage de l'écorce terrestre, les feux de forêt, le volcanisme et le lessivage des sols. Les sources anthropiques sont constituées par les processus de combustion (charbon, pétrole, ordures ménagères, etc.), de la fabrication de la soude et du chlore ainsi que de l'orpaillage. Sa très forte toxicité a mené à de nombreuses réglementations d'utilisation et de rejet. Le mercure est un contaminant réglementé au niveau de la protection sanitaire (le niveau maximum admis pour la consommation humaine de coquillages est de 0,5 mg.kg⁻¹, poids frais, soit approximativement 2,5 mg.kg⁻¹, poids sec). Il est également l'un des quatre métaux prioritaires retenus au titre de la surveillance chimique de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE).

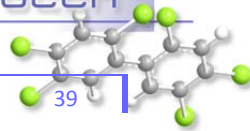
Le niveau de contamination (médiane nationale, figure 6.1) évolue peu sur les 30 ans de suivi et il apparaît une différence significative entre huître et moule (le ratio huître/moule est évalué à 1,5).

Les contaminations les plus importantes (figure 6.3) sont localisées dans la baie du Lazaret en rade de Toulon (3,71 fois la médiane nationale), dans le Pays de Caux (x 3,59 à Yport), et en rade de Marseille (x 1,99 à 2,21). Partout ailleurs, les rapports à la médiane nationale sont compris entre 0,35 et 1,73. A noter qu'au niveau international, le littoral français ne présente pas de problème majeur en ce qui concerne le mercure.

Plomb (Pb)

Depuis l'abandon du plomb-tétraéthyle dans les essences, les usages principaux de ce métal restent la fabrication d'accumulateurs et l'industrie chimique. Son cycle atmosphérique est très important et constitue une source majeure d'apport à l'environnement. Le plomb est un contaminant réglementé au niveau de la protection sanitaire (1,5 mg.kg⁻¹ p.h., soit environ 7,5 mg.kg⁻¹, poids sec) et l'un des quatre métaux prioritaires retenus au titre de la surveillance chimique DCE.

Le niveau de contamination (médiane nationale, figure 6.1) est en très légère décroissance sur la décennie actuelle, mais les baisses les plus significatives ont été observées pendant les années 1995 - 2002, suite à



l'introduction et la généralisation des essences sans plomb. Il n'apparaît pas de différence significative entre huître et moule. La différence apparente dans les années 1980-1990 est fortuite et due au fait que le suivi des sites anciennement les plus contaminés était majoritairement basé sur les moules.

La contamination la plus importante (figure 6.3) est localisée dans la Baie du Lazaret en rade de Toulon (4,89 fois la médiane nationale). Les autres sites impactés par le plomb se situent à l'embouchure de l'Aulne en rade de Brest (x 3,85), en relation très probable avec les anciennes mines de plomb argentifères des monts d'Arrée d'Huelgoat et de Poullaouen, à l'embouchure de l'Hérault (x 3,56), en rade de Marseille (x 3,45 à Pomègues), dans l'estuaire de la Seine (x 2,64 au Cap de la Hève), dans le golfe de Fos (x 2,64), à Hendaye (x 2,36), dans l'étang de l'Ayrolle sur le littoral de l'Aude (x 2,16), et. En estuaire de Seine (x 2,14 à Villerville).

Cadmium (Cd)

Les principales utilisations du cadmium sont les traitements de surface, les industries électriques et électroniques ainsi que la production de pigments colorés surtout destinés aux matières plastiques. A noter que les pigments cadmiés sont désormais prohibés dans les plastiques alimentaires. Dans l'environnement, les autres sources de cadmium sont la combustion du pétrole ainsi que l'utilisation de certains engrais chimiques où il est présent à l'état d'impureté.

Le renforcement des réglementations de l'usage du cadmium et l'arrêt de certaines activités notoirement polluantes s'est traduit par une baisse générale des niveaux de présence observés. Le cadmium est un contaminant réglementé au niveau de la protection sanitaire (1,0 mg.kg⁻¹ p.h., soit environ 5,0 mg.kg⁻¹, poids sec) et est un des 4 métaux prioritaires retenus au titre de la surveillance chimique DCE).

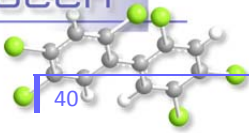
Le niveau de contamination (médiane nationale, figure 6.1) continue à décroître légèrement sur la décennie actuelle. Il existe une différence significative du taux de bioaccumulation entre huître et moule (le ratio huître/moule est évalué à 2,3).

Les plus fortes contaminations (figure 6.3) sont toujours observées au débouché de la Gironde qui reste sous l'effet des apports en cadmium des sédiments fluviaux du Lot, contaminés par les anciens rejets industriels du bassin de Decazeville, très en amont de l'estuaire. Cette contamination, à présent historique, atteint 17,4 fois la médiane nationale au point de suivi de "La Fosse", 9.3 fois à "Pontailac", 4,2 fois à "Palmyre", et se prolonge de façon beaucoup moins marquée jusque dans le Bassin ostréicole de Marennes-Oléron (jusqu'à 1,97 fois aux Palles et 1,87 à Mus de loup). Par ailleurs l'amont de l'estuaire de la Seudre présente une contamination importante dont il conviendrait de rechercher l'origine (x 3,32 à L'Eguille). Le second site de forte contamination est l'étang de Bages sur la côte du Languedoc Roussillon (5,4 fois la médiane nationale), due aux anciens rejets industriels d'une usine de colorants utilisant des pigments à base de cadmium. Les autres secteurs présentant des médianes significativement supérieures à la médiane nationale se localisent en Corse (x 3,09 à Ajaccio et 2,37 à Sant'Amanza), dans le panache de la Seine (x 2,55), à l'embouchure de l'Aulne (x 2,89) et de la Loire (x 2,19).

Cuivre (Cu)

Hormis tous les usages industriels du cuivre, ce métal est également utilisé dans les algicides et les peintures antisalissure des navires, surtout depuis le bannissement du tributylétain (TBT). Par contre il entre dans le métabolisme de nombreux mollusques, dont les moules. De fait, ces bivalves sont de très mauvais indicateurs pour le cuivre car ils en régulent leur contenu autour de 7 mg.kg⁻¹, p.s. C'est pourquoi les résultats dans les moules ne sont pas présentés ici.

Dans les huîtres, le niveau de contamination (médiane nationale, figure 6.1) croît de façon continue depuis le début des années 1980 jusqu'au début de l'actuelle décennie. On observe ensuite un palier suivi d'un début de décroissance. L'augmentation observée précédemment est sans doute à mettre en parallèle avec la réglementation de plus en plus contraignante du TBT dans les peintures antisalissure, initiée en 1982



pour les navires de moins de 25 mètres, étendue à tous les navires sauf ceux de la Marine Nationale en 2003, et aboutissant à son interdiction totale en 2008.

A l'échelle locale (figure 6.3), les plus fortes concentrations sont observées en Gironde (jusqu'à 7,26 fois la médiane nationale), vraisemblablement liées aux activités minières responsables de la contamination par le cadmium. Le schéma spatial de distribution est d'ailleurs le même que pour ce dernier avec une influence sur le bassin de Marennes-Oléron (x 3,02 aux Palles). Le secteur de La Rochelle présente également de forts niveaux de présence (x 5,26 au point "Escalier Gaillard"). La Seudre amont présente comme pour le cadmium une forte contamination par le cuivre (x 2,63 à L'Eguille). Le bassin d'Arcachon et la Nivelle à Saint-Jean-de-Luz apparaissent sur la carte dans la classe de 2 à 4 fois la médiane nationale mais le ratio réel de 2,01 ne traduit pas de contamination significative.

Zinc (Zn)

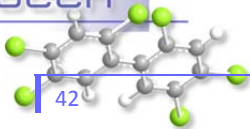
Le zinc a des usages voisins de ceux du cadmium auxquels il faut ajouter les peintures antirouille et l'industrie pharmaceutique. Il est peu toxique pour l'homme mais peut perturber la croissance des larves d'huîtres. Les sources de zinc dans les milieux aquatiques peuvent être industrielles et domestiques, mais également agricole car il est présent en quantités significatives comme impureté dans certains engrais phosphatés.

La différence de bioaccumulation du zinc par les moules et les huîtres est telle que nous avons dû présenter les deux séries temporelles sur deux graphiques différents (figure 6.2). Le ratio huître/moule est estimé à 20. A l'échelle nationale une baisse sensible des niveaux de contamination a été observée sur les années 2005-2011, suivi semble-t-il, d'une stabilisation.

A l'échelle locale aucune contamination spectaculaire n'apparaît mais de nombreux sites, répartis sur tout le littoral, présentent des concentrations en zinc significativement supérieures à la médiane nationale, sans que l'on puisse identifier une typologie particulière (figure 6.4). En ordre géographique nous trouvons la pointe de Moustierlin à Bénodet (2,21 fois la médiane nationale), la pointe Castelli au sortir de la Vilaine (x 3,16), la Gironde (x 2,18 à 2,38), et enfin le golfe de Sant'Amanza en Corse (x 2,23). De façon moins significative, la carte fait également apparaître l'embouchure de l'Aulne (x 2,11), Capbreton (x 2,07), l'étang de l'Ayrolle dans l'Aude (x 2,13), Les Saintes-Maries-de-la-Mer (x 2,10), le cap Couronne entre Fos et Marseille (x 2,07), et le golfe d'Ajaccio (x 2,07).

Tableau 6.1 : Synthèse de la surveillance chimique par zone de suivi

Zones de suivi	Situations observées
Nord, Pas-de-Calais, Somme	Sur les 5 stations suivies, les concentrations des trois métaux réglementés, Cd, Pb, Hg , sont en-dessous des seuils sanitaires. Pour tous les métaux présentés les médianes sont inférieures ou égales aux médianes nationales.
Seine maritime, Eure, Calvados, Manche	Les points influencés par le panache de la Seine peuvent présenter des contaminations significatives : mercure et cadmium en Pays de Caux, cadmium et plomb dans l'estuaire. En ce qui concerne les trois métaux réglementés les concentrations sont en dessous des seuils sanitaires et varient de 0,55 à 3,59 fois les médianes nationales.
Ille-et-Vilaine, Côtes d'Armor	Les médianes nationales ne sont jamais significativement dépassées, même pour le zinc en Rance (x 1,98). Les concentrations des 3 métaux réglementés sont en dessous des seuils sanitaires.
Finistère	Les anciennes activités minières de plomb argentifère des Monts d'Arrée expliquent très probablement les concentrations élevées en plomb observées dans l'embouchure de l'Aulne. Des niveaux correspondant à 2,89 fois la médiane nationale y sont également enregistrés pour le cadmium, et à 2,11 fois pour le zinc. La pointe de Moustierlin présente des concentrations en zinc correspondant à 2.21 fois la médiane nationale. Les concentrations des trois métaux réglementés sont en dessous des seuils sanitaires. Cependant, les teneurs en cadmium rencontrées dans l'Aulne en sont suffisamment proches pour justifier une vigilance particulière.
Morbihan	Les concentrations des trois métaux réglementés sont toutes en dessous des seuils sanitaires, et l'ensemble des métaux mesurés présentent des concentrations inférieures ou comparables aux médianes nationales.
Loire Atlantique, Vendée	Les médianes nationales ne sont significativement dépassées que pour le zinc à la Pointe Castelli (x 3,16) et le cadmium en estuaire de Loire à la Pointe de Chemoulin (x 2,19). Les concentrations des trois métaux réglementés sont en dessous des seuils sanitaires, y compris en Loire.
Charente maritime	Le phénomène majeur de cette région reste la contamination de la Gironde par le cadmium (x 4,16 et 9,26 en rive nord), bien que les plus fortes concentrations se rencontrent sur la rive sud. Ces apports ont toujours une influence visible sur le bassin de Marennes Oléron et peut-être sur la Seudre qui présente à l'Eguille des concentrations 3,32 fois supérieures la médiane nationale. D'autres contaminations significatives apparaissent en Gironde nord et bassin de Marennes, par le cuivre (x 2,12 à 7,0), et, dans une moindre mesure et en Gironde seulement, par le zinc (x 2,38). Les seuils sanitaires en cadmium sont largement dépassés sur la rive nord de la Gironde (pas de conchyliculture) et les concentrations observées dans le bassin de Marennes Oléron en sont proches, et peuvent les dépasser sporadiquement.
Gironde, Landes,	Bien que les niveaux continuent à décroître, la Gironde est toujours fortement



<p>Pyrénées atlantiques</p>	<p>contaminée par le cadmium (17,4 fois la médiane nationale en rive sud à "La Fosse"). Les apports du fleuve sont également importants en cuivre (x 7,3), et zinc (x 2,2).</p> <p>Dans le bassin d'Arcachon et sur la côte landaise les concentrations observées ne révèlent pas de contamination particulière.</p> <p>La côte basque présente des teneurs en plomb dans la la Bidassoa 2,36 fois supérieures à la médiane nationale.</p> <p>Les concentrations des trois métaux réglementés sont en dessous des seuils sanitaires, sauf pour le cadmium en Gironde, où ce seuil est très largement dépassé.</p>
<p>Languedoc - Roussillon</p>	<p>Cette région peu contaminée est surtout marquée par le problème du cadmium dans l'étang de Bages. Cette pollution, désormais historique, est en diminution régulière mais se situe encore à 5,4 fois la médiane nationale.</p> <p>Une autre contamination significative concerne le plomb au débouché de l'Hérault (x 3,6). De façon moins affirmée, l'étang de l'Ayrolle présente des teneurs en plomb et zinc respectivement à 2,16 et 2,13 fois la médiane nationale.</p> <p>Les concentrations des trois métaux réglementés sont en dessous des seuils sanitaires, toutefois, dans l'étang de Bages les teneurs en cadmium approchent ce seuil et peuvent le dépasser sporadiquement.</p>
<p>Provence-Côte-d'Azur, Corse</p>	<p>Les zones urbaines et portuaires (Toulon, Marseille, Ajaccio, Fos) peuvent présenter des concentrations élevées pour certains métaux lourds. C'est le cas du plomb en baie du Lazaret à Toulon (4,9 fois la médiane nationale), sur l'île de Pomègues en baie de Marseille (x 3,5) et à la pointe Saint Gervais dans le golfe de fos (x 2,6), du mercure à Toulon et à Pomègues (x 3,7 et 2,2), du cadmium en Corse à Ajaccio (x 3,09) et à Sant'Amanza (x 2,4) où l'on trouve également des teneurs en zinc à 2,2 fois la médiane nationale.</p> <p>Les concentrations des trois métaux réglementés sont en dessous des seuils sanitaires, sauf en baie du Lazaret où les teneurs en plomb dépassent sporadiquement le seuil.</p>

Des cartes interactives du type des figures 6.3 et 6.4 peuvent être consultées sur le site "environnement littoral" de l'Ifremer à :

<http://wwz.ifremer.fr/envlit/> ["Résultats" et "Les contaminants chimiques dans les moules et les huîtres du littoral français"] ou directement à :

<http://wwz.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/parammaps/contaminants-chimiques/index.html>

Il peut y avoir des différences avec le présent travail du fait qu'elles sont élaborées avec des données antérieures à 2008 et portant sur des périodes de prélèvements différentes.

7. RESKO : Réseau d'observations conchyloles

7.1. Contexte, objectifs et mise en œuvre du RESKO

L'ostréiculture française est frappée depuis 2008 par une forte crise de mortalité affectant les naissains d'huîtres creuses *Crassostrea gigas* : ce phénomène représente la plus grave crise observée depuis les années 1970 sur cette espèce. De plus, des mortalités anormalement élevées sur des huîtres plus âgées, de taille marchande, ont également été recensées depuis 2012. Face à ces crises, il est nécessaire de mettre en œuvre des moyens d'action ciblés autant sur la connaissance de l'évolution spatio-temporelle des épisodes de mortalité observés *in situ* que sur l'étude des conditions associées à l'apparition de ces mortalités.

Le réseau d'observations conchyloles RESKO a ainsi été mis en place dès 2009, en tant qu'observatoire national permettant d'acquérir les données standardisées de mortalité et de croissance de l'huître creuse. Il est basé sur l'utilisation de lots sentinelles les plus représentatifs possible de la filière, suivis de manière proactive sur plusieurs sites-ateliers (Figure 7.1) disposés sur les principaux bassins ostréicoles (Tableau 7.1). En 2013, 7 lots sentinelles ont été déployés simultanément sur l'ensemble des sites-ateliers : un lot d'huîtres adultes de 18 mois (18M), trois lots de naissain diploïde de captage naturel des secteurs d'Arcachon (CN1), de Marennes-Oléron (CN2) et de Bourgneuf (CN3) ainsi que trois lots de naissain triploïdes issus de différentes écloséries (ETA, ETb et ETc respectivement).



Figure 7.1 : Carte de localisation des sites ateliers de RESKO suivis en 2013

Tableau 7.1. Nomenclature et coordonnées des sites-ateliers de RESCO en 2013

Secteur	Libellé site	Code REMORA	Latitude WGS84	Longitude WGS84	Point
Baie des Veys	Géfosse	BV02	49.389150	-1.099767	014-P-055
Côte ouest Cotentin	Blainville Nord	CO06	49.065784	-1.629950	018-P-082
Baie Mont Saint Michel	Cancale-Terrelabouet	CA02	48.660980	-1.841353	020-P-093
Baie de Morlaix	Morlaix-Pen al Lann	MX02	48.662345	-3.895002	034-P-019
Rade de Brest	Pte du Château	BR08	48.334998	-4.319390	039-P-068
Baie de Quiberon	Men-er-Roué	QB02	47.538159	-3.093013	055-P-024
Golfe du Morbihan	Larmor-Baden	GM02	47.588458	-2.885802	061-P-068
Rivière de Penerf	Pénerf-Rouvran	PF02	47.510109	-2.648004	064-P-015
Baie de Bourgneuf	Coupelasse	BO02	47.026023	-2.030078	071-P-088
Ile de Ré	Loix-en-Ré	RE02	46.225069	-1.404059	076-P-066
Marennes Oléron	D'Agnas	MA03	45.868543	-1.172305	180-P-065
Bassin d'Arcachon	Tès	AR03	44.665948	-1.138744	088-P-028
Étang de Thau	Marseillan est	TH03	43.379130	+3.571080	104-P-428

Parallèlement à l'acquisition des **données biologiques** (mortalité et croissance) et **physiologiques** (ponte, indice de condition et maturation), le déploiement de sondes d'enregistrement haute fréquence permet un accès en temps réel aux valeurs de température, de salinité et de pression. De plus, du fait de sa couverture nationale et de ses protocoles standardisés sur l'ensemble du littoral, le réseau RESCO est en connexion avec plusieurs réseaux d'observation (REPHY pour le suivi des **populations phytoplanctoniques**, REPAMO pour la mesure des **agents infectieux endémiques** associés à ces surmortalités tels que l'Herpes virus OsHV-1 μ var et *Vibrio aestuarianus*). Le réseau d'observation RESCO permet ainsi d'appréhender de façon intégrative les différentes composantes (hôte, milieu et pathogènes) associées aux mortalités. Cette approche opérationnelle vise, entre autres, à fournir des éléments de compréhension complémentaires à la surveillance réglementaire sur les maladies émergentes ou exotiques exercée sur une base événementielle par le réseau REPAMO.

La fréquence des visites de terrain est définie selon un calendrier proactif et commun aux différents sites de RESCO. Le calendrier tient compte des périodes « à risques » pour les mortalités identifiées lors des années précédentes, notamment vis-à-vis de l'augmentation des températures de l'eau. En pratique, les suivis s'échelonnent du mois d'Avril au mois de Décembre selon une fréquence mensuelle, et selon une fréquence bimensuelle sur la totalité des sites entre les mois d'Avril et Octobre.

Le protocole utilisé pour le suivi des lots sentinelles fait l'objet d'un document national appliqué par l'ensemble des laboratoires intervenants (à l'exception de l'étang de Thau qui bénéficie d'un protocole particulier pour tenir compte des spécificités régionales). Les suivis sont réalisés par les Laboratoires Environnement Ressources (LER) d'Ifremer en fonction de leur zone de compétence géographique, le laboratoire LPI, la station d'Argenton et le SMEL pour la côte ouest Cotentin. La coordination du réseau est assurée par le LER/MPL/La Trinité sur Mer. L'ensemble des mesures est stocké dans la base de données Quadrigé et mis à disposition des acteurs et professionnels du littoral, des utilisateurs des administrations décentralisées et de la communauté scientifique via un site web spécifique (http://wwz.ifremer.fr/observatoire_conchylicole).

7.2. Résultats RESICO 2013

7.2.1. Mortalité

- Evolution spatio-temporelle des mortalités en 2013.

En 2013, les cinétiques d'apparition des mortalités indiquent qu'aucun pic de mortalité n'a affecté les lots adultes 18M tandis que les lots de naissain ont tous subi une ou plusieurs vagues de mortalité significative. Pour ces derniers, les mortalités ont débuté dès la fin mai sur certains sites du sud (i.e. Marseillan, étang de Thau), et se sont prolongés jusque fin août sur certains sites situés plus au nord (i.e. Cancale, baie du Mont Saint Michel). En considérant l'embouchure de la Loire comme ligne de démarcation entre « Nord » et « Sud », on observe clairement un déclenchement plus précoce des mortalités sur les sites les plus au sud et ce, quels que soient les lots considérés (figure 7.2).

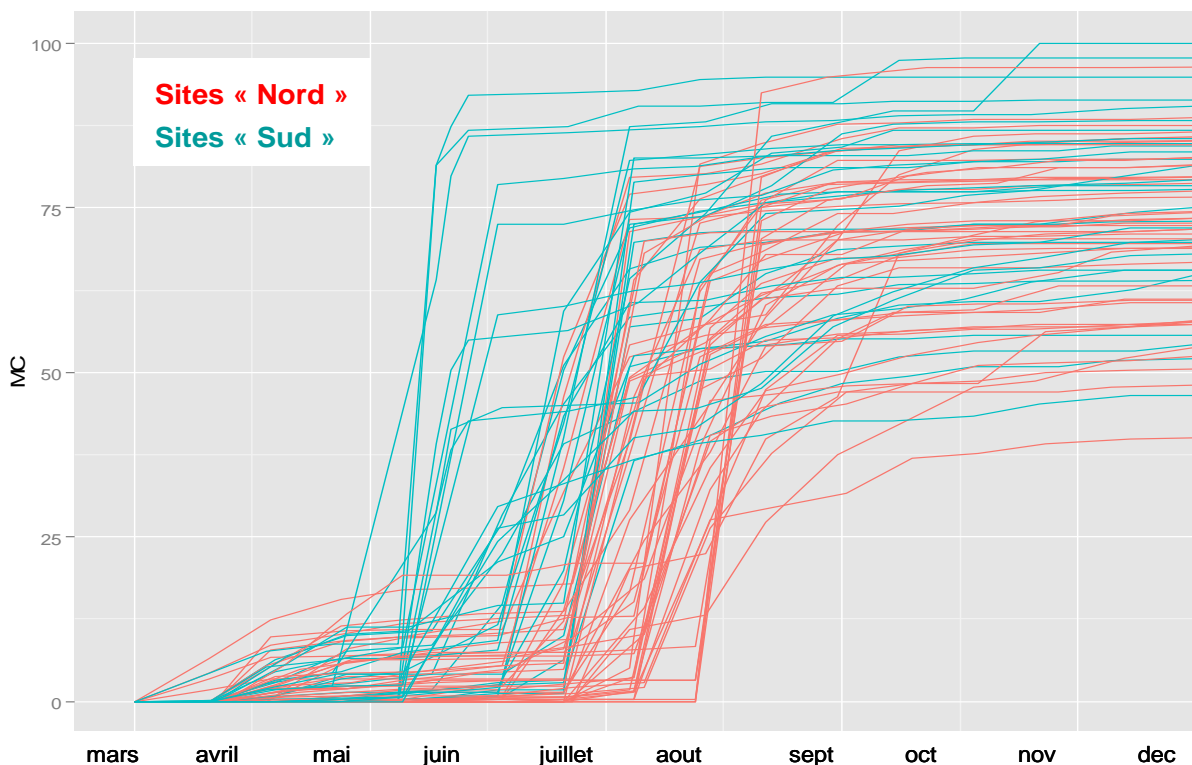


Figure 7.2. Evolution des mortalités cumulées (MC) au cours des suivis RESICO 2013, sur l'ensemble des lots et sur l'ensemble des sites « Nord » (en rouge) et « Sud » (en vert).

- Taux de mortalité cumulée en 2013.

Les taux moyens de mortalité cumulée pour l'ensemble des sites sont respectivement de $12.6\% \pm 8$ pour le lot 18M, $59.5\% \pm 8$, $83.6\% \pm 6$ et $74.6\% \pm 9$ pour les lots CN1, CN2 et CN3 et $71.3\% \pm 10$, $84.0\% \pm 8$ et $69.4\% \pm 13$ pour les lots ETa, ETb et ETc (Figure 7.3, Tableau 7.2). Les résultats de mortalité cumulée soulignent ainsi une forte variabilité inter-lots, avec des différences de taux de mortalité pouvant aller jusqu'à 40% entre deux lots testés sur un même site. Ils indiquent également une forte variabilité inter-sites, avec des différences pouvant atteindre plus de 45% pour un même lot testé sur deux sites différents.

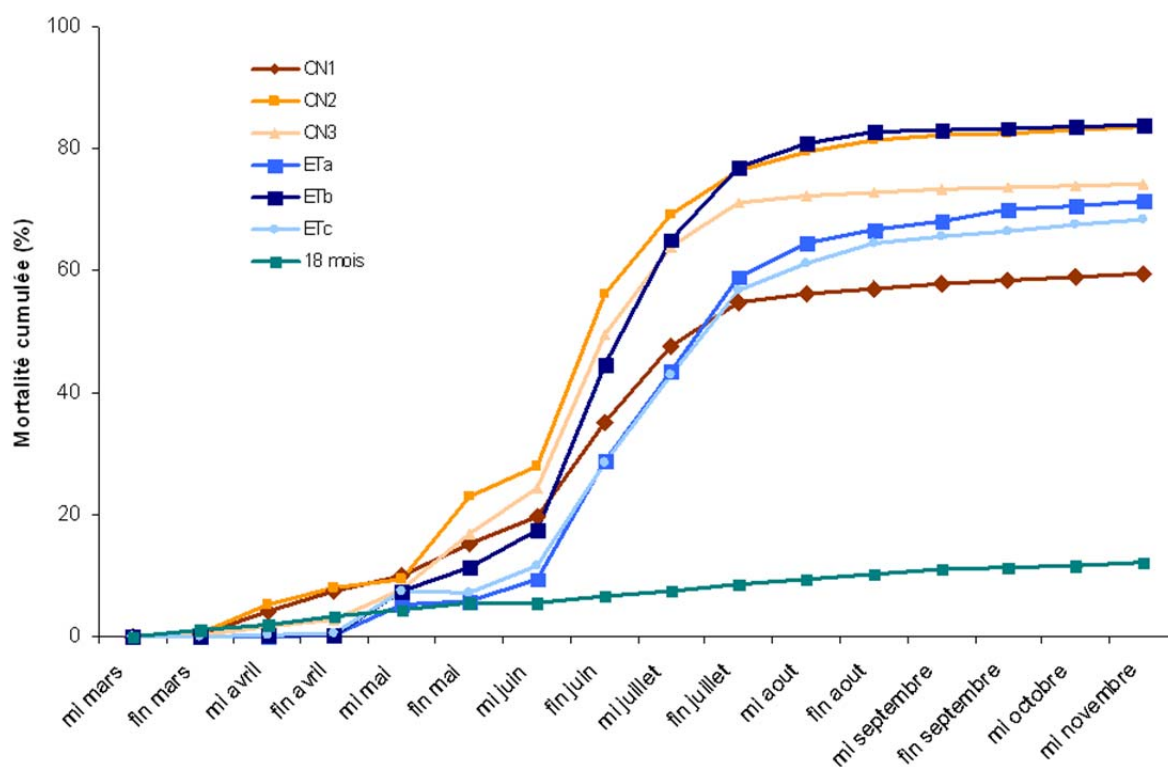


Figure 7.3. Taux de mortalité cumulée moyens des 7 lots sentinelles suivis par RESCO en 2013.

Tableau 7.2. Taux de mortalité cumulée (MC) des différents lots en Décembre 2013. Pour chaque lot, les valeurs minimum sont en bleu et les valeurs maximum en rouge.

Sites	lot 18M	lot CN1	lot CN2	lot CN3	lot ETa	lot ETb	lot ETc
Géfosse	30.6	48.9	77.0	69.3	64.3	74.1	70.9
Blainville	12.6	74.0	85.3	79.2	67.5	89.1	79.9
Cancale	4.2	55.5	84.5	77.9	56.7	86.5	74.8
Morlaix	7.9	53.9	73.0	50.6	58.7	72.1	42.5
Pte du Château	15.7	62.5	86.1	79.0	71.6	87.8	71.3
Men-er-Roué	4.5	72.8	82.6	80.0	84.5	96.6	83.7
Larmor-Baden	7.1	60.6	85.4	71.0	70.4	82.7	58.2
Pénerf	6.6	57.3	82.0	73.7	61.5	72.9	58.3
Coupelasse	9.4	55.5	84.3	73.1	78.3	82.3	52.6
Loix-en-Ré	10.0	65.5	87.8	85.4	89.7	91.4	88.6
D'Agnas	25.6	55.4	74.7	66.5	70.6	78.0	69.8
Tès	15.7	47.0	86.2	72.9	68.4	83.5	70.0
Marseillan	13.6	65.3	98.1	91.6	84.3	95.5	81.4
Moyenne	12.6	59.5	83.6	74.6	71.3	84.0	69.4
Ecart-Type	7.9	8.3	6.4	9.9	10.3	8.1	13.3

Avec 12.6% de mortalité en moyenne, le lot 18M reste significativement moins touché par les mortalités que les lots de naissain, même si des sites tels que Gêfosse (Baie des Veys) subissent plus de 30% de mortalité sur cette classe d'âge. De manière générale, les valeurs de mortalité observées sur les sites RESCO restent cependant inférieures aux déclarations recensées dans le cadre du réseau REPAMO pour chaque classe d'âge (<http://wwz.ifremer.fr/repamo>).

En ce qui concerne le naissain, la comparaison des taux de mortalité cumulée obtenus pour les 3 lots de naissain issus de captage naturel diploïde (CN1, CN2 et CN3) aux trois lots issus d'écloserie triploïde (ETa, ETb et ETc) souligne qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux types de lots (Figure 7.4) même si on note une plus forte variabilité des taux de mortalité finaux obtenus pour les types de lot « écloserie triploïde » que pour les lots « captage naturel diploïde ». Tous lots confondus, certaines différences peuvent être également observées entre les sites (Figure 7.5).

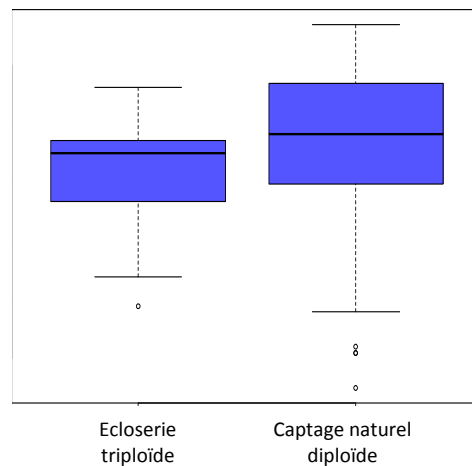


Figure 7.4. Box-plot des taux de mortalité cumulée finaux (tous sites confondus) du naissain de captage naturel et d'écloserie.

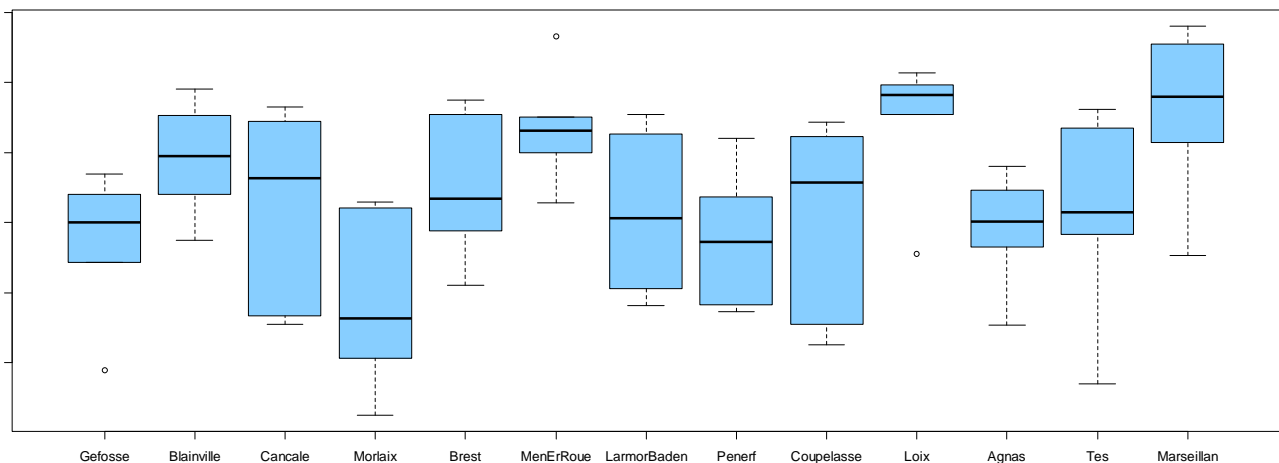


Figure 7.5. Box-plot des taux de mortalité cumulée finaux sur les différents sites ateliers RESCO (tous lots de naissains confondus)

- **Comparaison interannuelle des taux de mortalité.**

Les résultats sont à prendre avec précaution puisque les lots suivis ne sont pas identiques d'une année sur l'autre et qu'il peut donc y avoir une forte variabilité interannuelle des lots. Néanmoins, il semble que l'année 2013 soit une année moyenne pour le 18M puisque pour la plupart des sites, la valeur finale de mortalité cumulée est proche de la moyenne calculée sur les dix dernières années. Seuls les sites de Géfosse et d'Agnas présentent des mortalités significativement plus élevées que leur valeur moyenne.

En ce qui concerne le naissain, l'évolution des taux de mortalité cumulée varie fortement d'un lot à un autre et aucune tendance générale ne peut être mise en évidence. Par exemple, si l'on compare le taux de mortalité cumulée moyen, calculé avec les valeurs mesurées sur l'ensemble des sites, on observe une diminution constante d'environ 10% par rapport à 2011 pour le lot CN1 (CN_Arc) tandis que les lots CN2 (CN_MO) et ETa présentent quant à eux une hausse régulière depuis 2011 avec une augmentation respective de 10% et 30% (Figure 7.6).

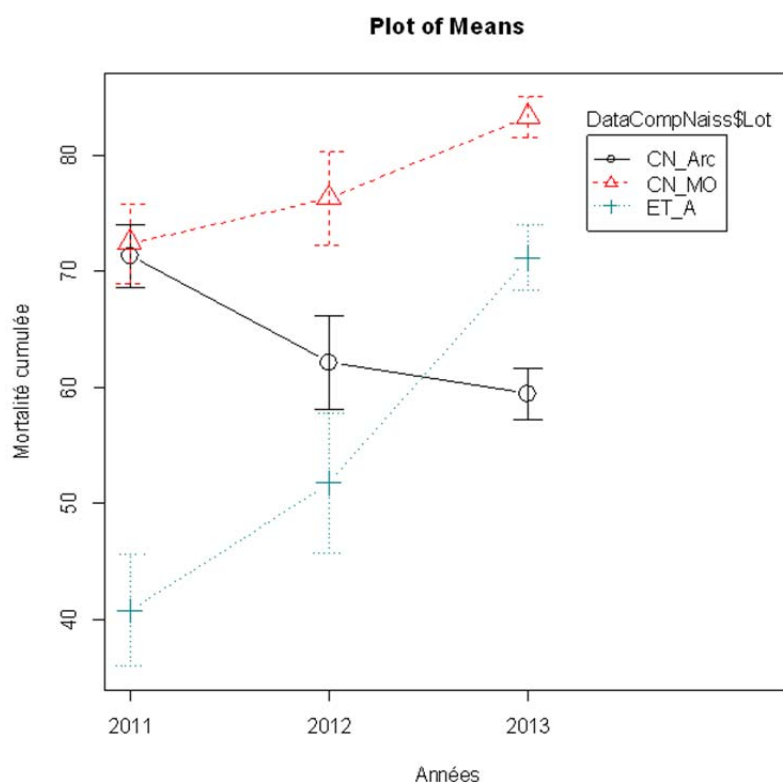


Figure 7.6. Evolution entre 2011 et 2013 du taux de mortalité cumulée moyen, calculé sur l'ensemble des sites RESCO, pour les lots de Captage Naturel d'Arcachon (CN_Arc), Captage Naturel Marennes Oléron (CN_MO) et éclosion (ET_A).

- **Relation avec la température.**

L'étude des enregistrements haute fréquence de température (effectués via les sondes SMATCH positionnées sur les différents sites ou par les enregistreurs déposés au sein même des poches) montrent que l'année 2013 se caractérise par un printemps relativement frais. Le seuil des 16°C (valeur autour de laquelle se situe généralement l'apparition du premier pic de mortalité) est dépassé plus tardivement qu'en 2011 et 2012 et il en résulte un léger décalage d'apparition des premières mortalités observé sur l'ensemble des sites et pour l'ensemble des lots dont le CN1 (Figure 7.7).

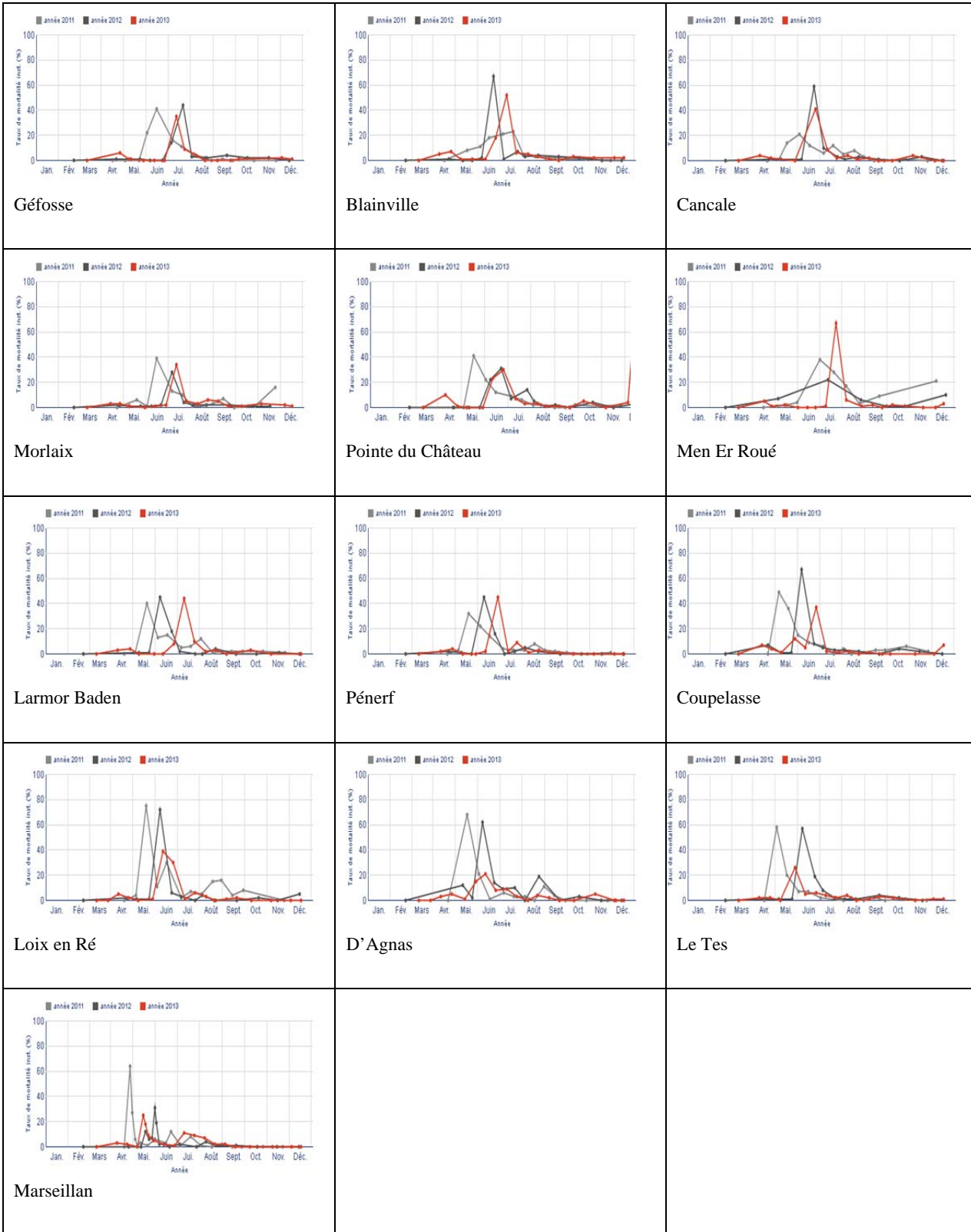


Figure 7.7. Courbes de mortalité instantanée du lot CN1 sur l'ensemble des sites ateliers RESCO pour les années 2013 (rouge), 2012 (gris foncé) et 2011 (gris clair).

7.2.2. Croissance

- Poids moyen des différents lots suivis en 2013.

Les taux de croissance obtenus à la fin des suivis (décembre 2013) pour les 6 lots de naissain (CN1, CN2, CN3, ETa, ETb et ETc) et le lot d'huîtres adultes (18M) sont présentés dans le tableau 7.3. De manière générale, les résultats obtenus mettent en évidence une forte variabilité inter-sites avec un rapport entre les valeurs maximum et minimum mesurées, compris entre 2 pour le lot 18M et 13 pour le lot ETa. A contrario, aucune différence significative de croissance n'est observée entre les différents lots de naissain.

Tableau 7.3: Poids moyen des différents lots sentinelles en décembre 2013. Pour chaque lot, les valeurs minimum sont en bleu et les valeurs maximum en rouge.

Sites	lot 18M	lot CN1	lot CN2	lot CN3	lot ETa	lot ETb	lot ETc
Géfosse	60.4	28.3	33.3	26.1	30.1	34.6	38.5
Blainville	32.3	14.0	12.3	16.1	12.4	17.0	18.3
Cancale	57.3	27.8	13.1	27.6	3.1	20.3	15.8
Morlaix	50.7	16.4	40.0	23.0	18.1	19.3	23.1
Pte du Château	56.8	18.5	21.9	27.4	28.2	27.5	27.9
Men-er-Roué	57.1	26.8	18.3	26.1	32.4	35.8	20.7
Larmor-Baden	55.5	22.5	23.5	25.7	26.5	26.0	21.7
Pénerf	44.4	19.0	12.5	17.8	19.7	14.5	16.7
Coupelasse	49.9	19.9	18.2	26.2	25.5	26.9	29.5
Loix-en-Ré	45.9	27.6	18.6	23.1	28.3	30.5	26.3
D'Agnas	48.8	28.8	26.0	34.1	40.0	41.8	41.4
Tès	40.6	20.3	17.0	16.4	20.0	25.1	24.8
Marseillan	31.1	23.6	25.0	28.4	34.3	52.7	30.5
Moyenne	48.5	22.6	21.5	24.5	24.5	28.6	25.8
Ecart-Type	9.4	5.0	8.2	5.2	9.8	10.6	7.8

- Comparaison interannuelle des taux de croissance.

Comparativement aux dix dernières années, l'année 2013 apparaît comme une année assez médiocre en terme de croissance, autant pour le lot 18 mois que pour le naissain. En ce qui concerne le lot 18M, les valeurs pondérales atteintes en décembre 2013 sont proches de la moyenne calculée entre 2004 et 2012 pour les sites de la Pointe du Château, Coupelasse et d'Agnas mais restent largement inférieures à la moyenne pour l'ensemble des autres sites. Ces observations peuvent être élargies aux lots de naissain.

7.2.3. Conclusion

La typologie des années permet de comparer les l'année 2013 aux années précédentes en rassemblant sur un même graphique les valeurs annuelles moyennes (calculées sur l'ensemble des sites pour un lot donné) de gain de poids et de taux de mortalité cumulée. Les résultats obtenus pour le lot 18M (Figure 7.8) confirment ainsi que l'année 2013 présente un taux de mortalité cumulé relativement moyen mais que ce dernier est tout de même en progression par rapport aux trois années précédentes. En ce qui concerne le gain de poids, l'année 2013 apparaît relativement faible avec une tendance à la baisse depuis 2011 pour ce lot.

Les résultats obtenus pour le lot de naissain CN1 (Figure 7.9) confirment que l'année 2013 présente un taux de mortalité cumulé nettement supérieur à la moyenne décennale. Ce dernier diminue régulièrement depuis trois ans mais il faut cependant noter que le lot CN1 présente le taux de mortalité cumulée le plus faible comparé aux autres lots de naissain testés en parallèle en 2013 (Tableau 2). Cette diminution n'est donc pas forcément extrapolable à l'ensemble des lots. En ce qui concerne le gain de poids pour ce lot de naissain, l'année 2013 est particulièrement mauvaise puisque la valeur mesurée est la plus faible enregistrée depuis 2004. Dans la mesure où aucune différence significative de gain de poids n'a été observée entre les différents lots de naissain, il est possible de conclure que 2013 reste une année médiocre en terme de croissance pour l'ensemble des lots de naissain.

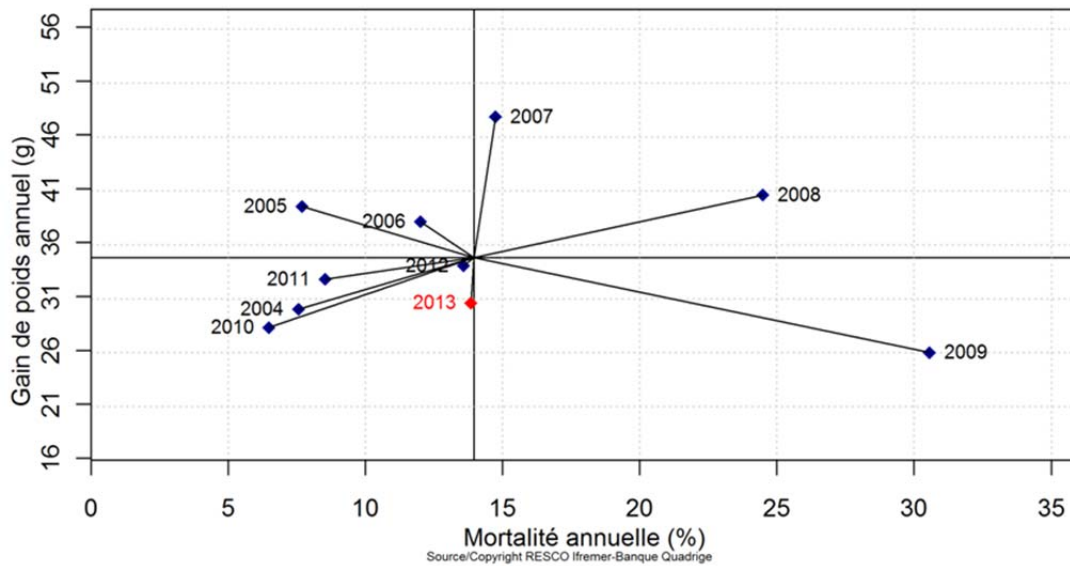


Figure 7.8. Typologie des années pour les performances annuelles de croissance et de mortalité du lot 18M. Les axes sont centrés sur la moyenne décennale.

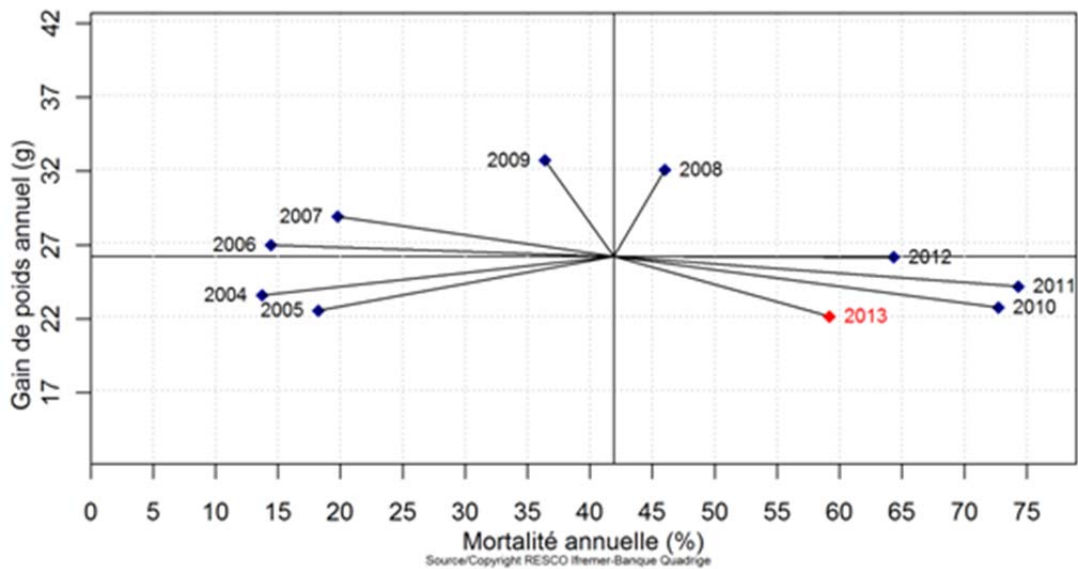


Figure 7.9. Typologie des années pour les performances annuelles de croissance et de mortalité du lot CN1 (Captage Naturel Arcachon). Les axes sont centrés sur la moyenne décennale.

8. Apport de la modélisation hydrodynamique à la DCE à La Réunion

8.1. Contexte

La première typologie des masses d'eau côtières de La Réunion a été proposée en 2004. Les conclusions de ce travail ont "[...] fait apparaître d'importantes lacunes dans la connaissance de l'hydrodynamique des zones côtières.[...] En raison du peu d'éléments objectifs et la pauvreté de la littérature scientifique, cette zonation s'est effectuée principalement à dire d'expert [...]" (Lazure, 2004).

Parmi les différents travaux initiés au cours de ces dernières années (CARTOMAR, 2008 ; SPECTRHABENT OI, 2009-2012), le projet HYDRORUN, mené entre 2010 et 2012, a beaucoup apporté pour consolider la typologie des masses d'eau côtières. Les résultats obtenus ont permis de proposer un redécoupage des eaux côtières pour la DCE qui a fait l'objet d'une validation en Comité de Bassin en décembre 2012.

8.2. Le projet HYDRORUN

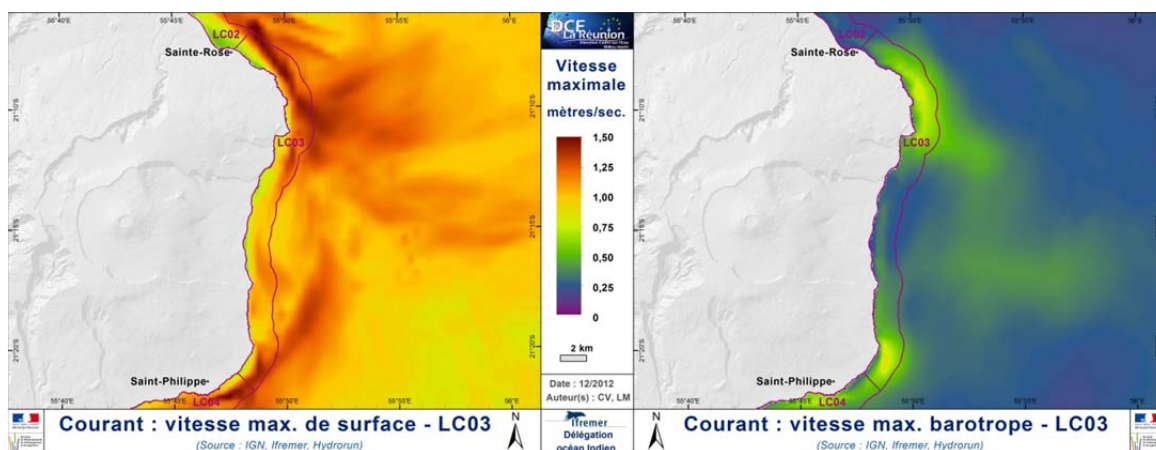
Le projet HYDRORUN visait à développer une plateforme de modélisation hydrodynamique couvrant l'ensemble du littoral Réunionnais comme outils d'aide à la décision. Porté par la Délégation Ifremer océan Indien et soutenu par la DEAL, le Conseil Régional, l'Office de l'Eau Réunion et des fonds Européens FEDER, le développement de la plateforme a été réalisé sur 2 ans (2010-2012) en partenariat étroit entre le laboratoire DYNECO PHYSED (Ifremer, Brest), le laboratoire LOCEAN (Univ. Paris VI), les bureaux d'études ACTIMAR, SAFEGE et VIRTUALYS avec l'appui local de PARETO Eco-Consult.

Un ensemble de modèles MARS 3D a été développé : 1 modèle régional (600 × 1 300 km à maille horizontale 2 km), 1 modèle d'approche (200 × 200 km à maille horizontale de 400 m) et 6 modèles côtiers (30 × 50 km à maille horizontale de 100 m). L'ensemble de ces 7 modèles intègre la dimension verticale sur 30 mailles. A noter qu'ils ne couvrent pas la morphologie complexe des zones récifales.

En complément, une interface MARS WEB a été développée pour permettre le paramétrage, le lancement et l'exploitation de ces modèles, y compris par des utilisateurs non-experts en modélisation.

8.3. Des résultats aux bénéfices de la DCE

La mise en œuvre d'HYDRORUN a nécessité, en premier lieu, la constitution d'un référentiel bathymétrique des fonds côtiers de l'île de La Réunion à une résolution de 100 m. Par la suite, des simulations réalistes ont été paramétrées pour générer différentes synthèses annuelles et saisonnières de houles, de courants et de températures. Ces résultats ont ainsi permis d'obtenir une série conséquente de données nouvelles qui sont venues soutenir un travail d'évaluation et d'objectivation du découpage des masses d'eau côtières pour la DCE. Les résultats (Ropert *et al.*, 2012) ont contribué à la consolidation d'une nouvelle typologie et d'une délimitation réactualisée des masses d'eau côtières.



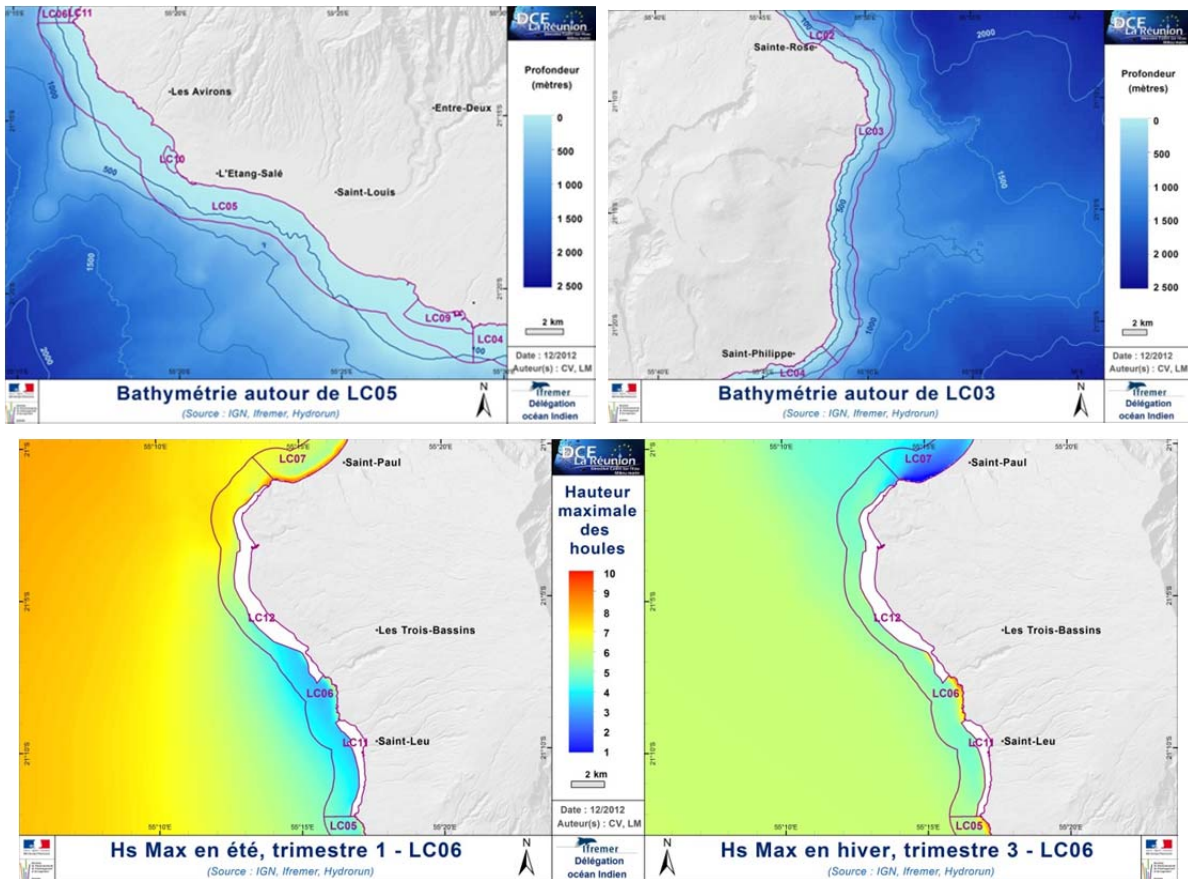
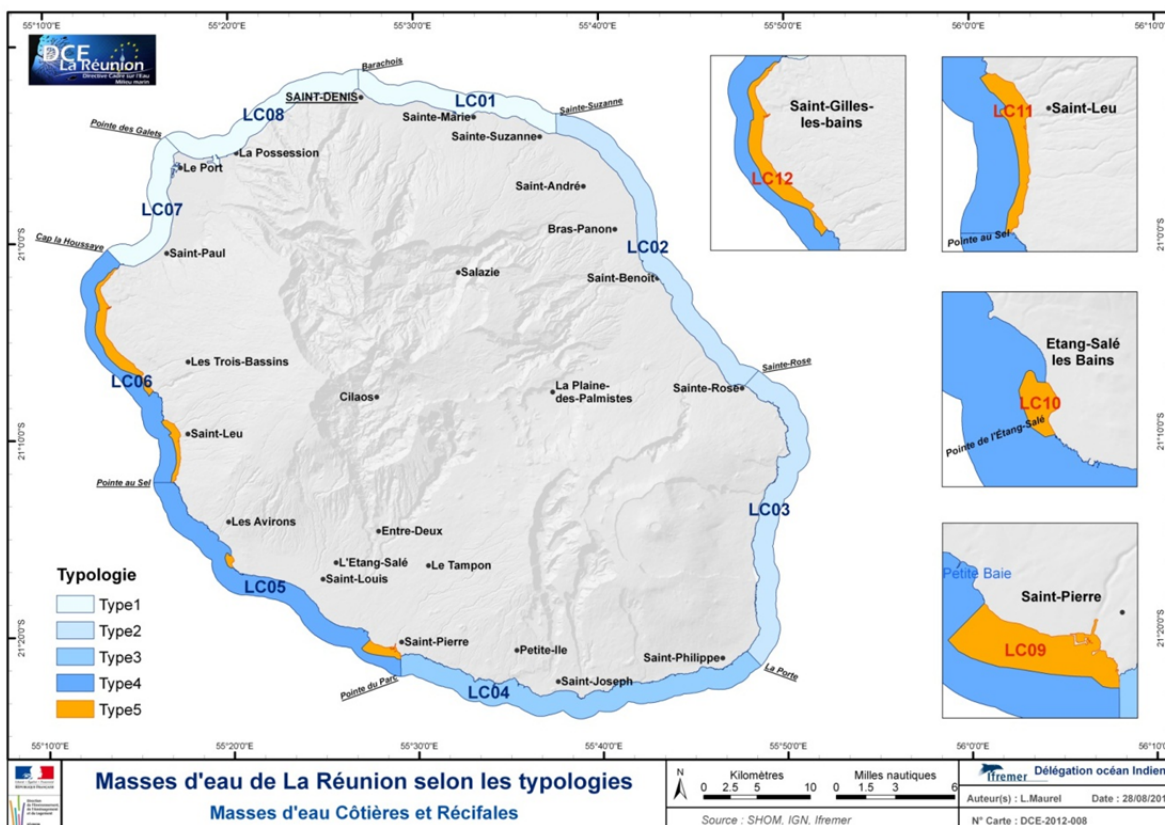


Figure 8.3 : Exemple d'exploitation des données d'HYDRORUN pour caractériser les conditions de courants (haut) de bathymétrie (centre) et de houles (bas) pour chacune des masses d'eau côtières.

Au terme de ce travail d'analyse et d'intégration des nouvelles connaissances acquises, leur prise en compte dans la typologie et la délimitation des masses d'eau a conduit aux modifications et ajustement suivants :

- Passage de 13 à 12 masses d'eau,
- Réajustement et/ déplacement de la limite entre certaines masses d'eau existantes,
- Rationalisation des limites entre masses d'eau (par standardisation sur des valeurs d'orientation fixes (0°, 45°, 90°, 135°, ...))
- Remodelage de l'ensemble des limites des 4 masses d'eau côtière de type récifal en intégrant l'ensemble de la structure corallienne bio-construite (plateau récifal et pente externe).

La mise à jour de la typologie permet de distinguer 5 types au sein de la catégorie "eaux côtières". L'un d'eux se caractérise par des milieux récifaux constitués de formations coralliennes et de faible profondeur, isolées des eaux du large par une barrière récifale. Quatre autres types sont différenciés en fonction de la nature des fonds, de la bathymétrie et des conditions hydrodynamiques révélées par les résultats d'HYDRORUN (Cf figure 8.2).



Typologie	Masses d'eau	Nom	Limites	Nature des fonds	Bathymétrie (Moyenne) < 75m : petits fonds 75 à 150 m : Fonds moyens > 150 m grands fonds	Hauteur moyenne des vagues (Moyenne)	Exposition particulière aux :	
							Houles australes (maximum modélisé Hs)	Houles cycloniques (maximum modélisé)
Type 1	LC01	Saint-Denis	Barachois - Sainte-Suzanne	Meuble, sablo-vaseux	Petits fonds à moyens	Faible	Faible	Forte à moyenne
	LC07	Saint-Paul	Cap La Houssaye - Pointe des Galets					
	LC08	Le Port	Pointe des Galets - Barachois					
Type 2	LC02	Saint-Benoit	Sainte-Suzanne - Sainte-Rose	Hétérogène	Moyens à grands fonds	Moyenne à Forte	Faible à moyenne	Forte
	LC03	Volcan	Sainte-Rose - La Porte					
Type 3	LC04	Saint-Joseph	La Porte - Pointe du Parc	Basaltique à la côte puis sablo-vaseux vers le large	Grands Fonds	Très forte	Forte	Moyenne
Type 4	LC05	Saint-Louis	Pointe du Parc - Pointe au Sel	Basaltique à la côte puis sableux vers le large	Moyens	Forte à Moyenne	Forte à moyenne	Faible
	LC06	Ouest	Pointe au Sel - Cap La Houssaye					
Type 5	LC09	Saint-Pierre	Zone récifale - Saint-Pierre	Récif corallien	Petit Fond	Moyenne/ Forte	Moyenne	Faible
	LC10	Etang-Salé	Zone récifale - Etang-Salé					
	LC11	Saint-Leu	Zone récifale - Saint-Leu					
	LC12	Saint-Gilles	Zone récifale - Saint-Gilles					

Figure 8.4 : Typologie et délimitation des masses cotières de l'île de La Réunion validées en décembre 2012 par le Comité de bassin Réunion. (Ropert et al., 2012)

9. Pour en savoir plus

Adresses WEB Ifremer utiles

Le site Ifremer : <http://www.ifremer.fr/>

Le site environnement : <http://envlit.ifremer.fr/>

Le site DCE : http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/presentation

Le site Observatoire conchylicole : http://www.ifremer.fr/observatoire_conchylicole

Le site REBENT : <http://www.rebent.org/>

Bulletins RNO : <http://envlit.ifremer.fr/documents/bulletins/rno>

Les bulletins de surveillance des Laboratoires Environnement Ressources (LER) peuvent être téléchargés à partir de : http://envlit.ifremer.fr/documents/bulletins/regionaux_de_la_surveillance

Les résultats de la surveillance sont accessibles à partir de : http://envlit.ifremer.fr/resultats/surval_1

Les inventaires cartographiques des points et la visualisation des données de la surveillance sont accessibles à partir de : <http://www.ifremer.fr/surval2/>

Cartographie des données sur les contaminants chimiques :
<http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/parammaps/contaminants-chimiques/index.html>

Cartographie du phytoplancton toxique sur le littoral français
<http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/parammaps/phytoplancton/index.html>

Cartographie des phycotoxines sur le littoral français
<http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/parammaps/toxines/index.html>

Synoptique des toxines lipophiles
http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/synoptique_toxine/DSP/perYear/index.html

Synoptique des toxines paralysantes
http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/synoptique_toxine/PSP/perYear/index.html

Synoptique des toxines amnésiantes
http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/synoptique_toxine/ASP/perYear/index.html

Observations et prévisions côtières : <http://www.previmer.org/>

Autre documentation

Agence de l'eau Seine Normandie, 2008. Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin Seine-Normandie, ed. AESN : 271 p.

RNO 2006.- *Surveillance du Milieu Marin. Travaux du RNO. Edition 2006.* Ifremer et Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. ISSN 1620-1124. 52 p.

Chiffolleau J.F., Crochet S., Rozuel E., Claisse D., 2010. Etude de la contamination de pectinidés (coquilles Saint-Jacques et pétoncles) par le cadmium, le mercure et le plomb dans quelques zones de pêche françaises. Rapport Ifremer RST.DCN.BE/2010.01

Fleury E., et al. RESCO - Réseau d'observations Conchylicoles : Campagne 2013. Rapport Ifremer : synthèse nationale des résultats. RST/LER/MPL-2014-06.

Journées des Observations Conchylicoles, Ifremer Nantes, 8 et 9 janvier 2014.

Mazurié J., Bédier E., Langlade A., Claude S., Chauvin J., Allenou J.P. Mortalités estivales d'huîtres creuses *Crassostrea gigas*, en 2008, en Bretagne Sud : quantification et tentative d'explication. Rapport Ifremer RST/LER/MPL/08. 13. 29 p

R Development Core Team, 2006. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-08-0, URL <http://www.R-project.org>.

Journées REPHY 2012, Nantes, 26 et 27 septembre 2012.

Compilation des interventions pour la session environnementale, surveillance et recherche

http://envlit.ifremer.fr/content/download/81438/559043/version/2/file/Journees_rephy2012_compilation_session_environnement.pdf

Compilation des interventions pour la session sanitaire, surveillance et recherche.

http://envlit.ifremer.fr/content/download/81439/559046/version/3/file/Journees_rephy2012_compilation_session_sanitaire.pdf

Belin C. & Neaud-Masson N., 2012. Cahier de Procédures REPHY 2012-2013. Document de prescription. Document Ifremer/ODE/DYNECO/VIGIES/12-07.

http://envlit.ifremer.fr/content/download/81386/558742/version/4/file/Cahier_REPHY_2012_version_finale_12_sep_+2012.pdf

Belin C., 2011. La surveillance des phycotoxines dans les coquillages du milieu marin. Le réseau REPHY : objectifs, stratégies, et principaux résultats. Bulletin épidémiologique santé animale - alimentation. Anses & DGAL N° 45, octobre 2011. p 19-23.

Lazure P., 2004. Délimitation des masses d'eaux naturelles dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) : Applications aux eaux marines des Départements d'Outre-Mer : Guadeloupe, Martinique, Guyane, Réunion. RST/DEL/AO n° 04-2004. 27 p.

Roport M., Duval M., Maurel L., Vermetot C., Mouquet P., Nicet J-B, Talec P., Le Goff R., Bruchon F. (2012). PROJET BON ETAT II : Actualisation de l'état des lieux du SDAGE, Volet "eaux côtières réunionnaises". <http://dx.doi.org/10.13155/27943>

Journées REPHY 2014. Nantes, 1er et 2 octobre 2014.

Tome 1/2. Compilation des interventions pour la session environnementale, surveillance et recherche.

Rapport DYNECO/VIGIES 2014-10.01, novembre 2014. 403 p.

http://envlit.ifremer.fr/content/download/82718/597161/version/4/file/Compilation-journees_REPHY-2014-Tome1-session_environnement_web.pdf

Tome 2/2. Compilation des interventions pour la session sanitaire, surveillance et recherche. Rapport DYNECO/VIGIES 2014-10.02, novembre 2014. 276 p.

http://envlit.ifremer.fr/content/download/82719/597164/version/4/file/Compilation-journees_REPHY-2014-Tome2-session_sanitaire_web.pdf

Belin C., Lamoureux A. & Soudant D., 2014. Evaluation de la qualité des eaux littorales de la France métropolitaine pour l'élément de qualité Phytoplancton dans le cadre de la DCE. Etat des lieux des règles d'évaluation, et résultats pour la période 2007-2012. Rapport DYNECO / VIGIES / 14-05, avril 2014.

Tome 1 - Etat des lieux, méthodes et synthèse des Résultats

<http://envlit.ifremer.fr/content/download/81901/580117/version/3/file/Evaluation+DCE+phytoplancton+2007-2012+-+Tome+1.pdf>

Tome 2 - Résultats détaillés : fiches par masse d'eau et éléments d'expertise

<http://envlit.ifremer.fr/content/download/81902/580120/version/4/file/Evaluation+DCE+phytoplancton+2007-2012+-+Tome+2.pdf>

Ifremer, 2014. Le phytoplancton dans les eaux littorales métropolitaines de 2007 à 2012. Fiche thématique du site WEB de l'ONML (Observatoire National de la Mer et du Littoral). http://www.onml.fr/onml_f/Le-phytoplancton-dans-les-eaux-littorales-metropolitaines-de-2007-a-2012

Ifremer, 2014. Présence de toxines d'algues (phycotoxines) sur le littoral métropolitain en 2012 et évolution depuis 2003. Fiche thématique du site WEB de l'ONML (Observatoire National de la Mer et du Littoral). http://www.onml.fr/onml_f/Presence-de-toxines-d-rsquo-algues-phycotoxines-sur-le-littoral-metropolitain-en-2012-et-evolution-depuis-2003

10. Glossaire

Source : <http://envlit.ifremer.fr/infos/glossaire>

Bloom ou « **poussée phytoplanctonique** » ou « **efflorescence phytoplanctonique** ». Développement rapide d'une microalgue entraînant la présence d'un grand nombre de cellules dans l'eau (plusieurs millions de cellules par litre) qui dans certains cas peut prendre la couleur de l'algue : eau colorée. Le phénomène de forte prolifération phytoplanctonique dans le milieu aquatique résulte de la conjonction de facteurs du milieu comme température, éclaircissement, concentration en sels nutritifs. Suivant la nature de l'espèce phytoplanctonique concernée, cette prolifération peut se matérialiser par une coloration de l'eau (= eaux colorées).

Conchyliculture. Elevage des coquillages qui regroupe la cerastoculture (coques), la mytiliculture (moules), l'ostréculture (huîtres), la pectiniculture (coquilles St-Jacques), la vénériculture (palourdes, clovisses)

Ecosystème. Ensemble des êtres vivants (Biocénose), des éléments non vivants et des conditions climatiques et géologiques (Biotopes) qui sont liés et interagissent entre eux et qui constitue une unité fonctionnelle de base en écologie

Eutrophisation. Enrichissement des cours d'eau et des plans d'eau en éléments nutritifs, essentiellement le phosphore et l'azote qui constituent un véritable engrais pour les plantes aquatiques. L'eutrophisation se manifeste par la prolifération excessive des végétaux dont la décomposition provoque une diminution notable de la teneur en oxygène. Il s'en suit, entre autres, une diversité animale et végétale amoindrie et des usages perturbés

Niveau trophique. Position qu'occupe un organisme dans le réseau alimentaire

Photosynthèse. Processus bioénergétique qui permet aux plantes, aux algues et à certains micro-organismes de synthétiser de la matière organique grâce à l'énergie apportée par les rayonnements du soleil.

Phytoplancton. Ensemble des organismes du plancton appartenant au règne végétal, de taille très petite ou microscopique, qui vivent en suspension dans l'eau; communauté végétale des eaux marines et des eaux douces, qui flotte librement dans l'eau et qui comprend de nombreuses espèces d'algues et de diatomées.

Phycotoxines. Substances toxiques sécrétées par certaines espèces de phytoplancton

Taxon. Groupe faunistique ou floristique correspondant à un niveau de détermination systématique donné : classe, ordre, genre, famille, espèce.

11. ANNEXES

Annexe REPHY 2

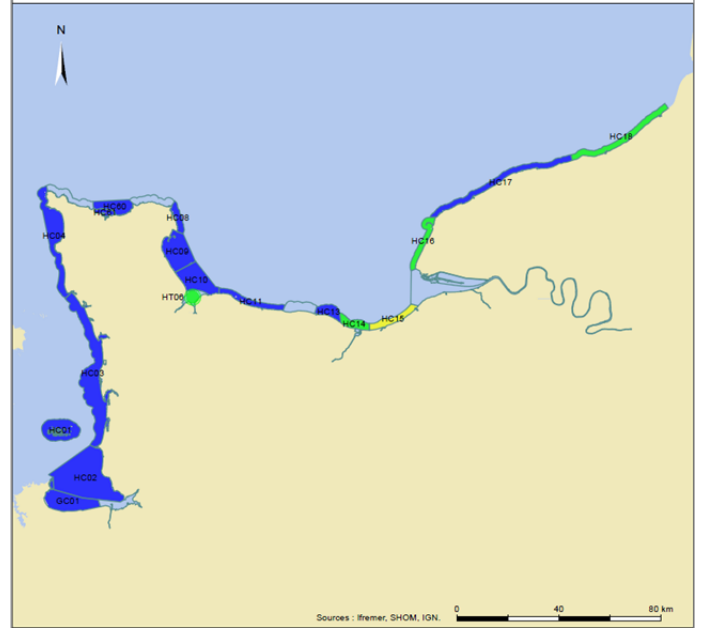
Evaluation de la qualité des masses d'eau pour l'élément de qualité phytoplancton sur la période 2008-2013

Cette évaluation, réalisée dans le cadre de la DCE (Directive européenne Cadre sur l'Eau), résulte d'une intégration des résultats chlorophylle représentatifs de la biomasse du phytoplancton, et des résultats relatifs à la fréquence des blooms représentatifs de l'abondance du phytoplancton. Les classes de qualité sont représentées par un aplat de couleur pour les masses d'eau côtières, et par un rond coloré pour les masses d'eau de transition (estuaires ou lagunes).

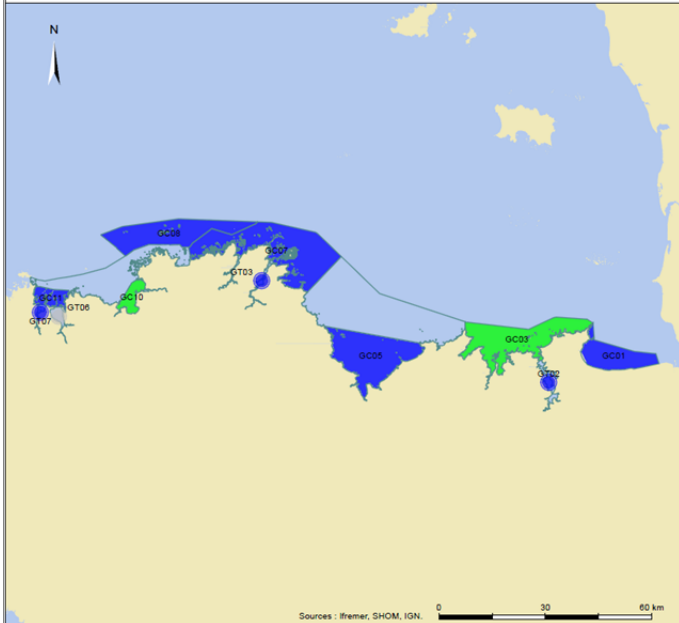
**Indicateur phytoplancton
Artois-Picardie**



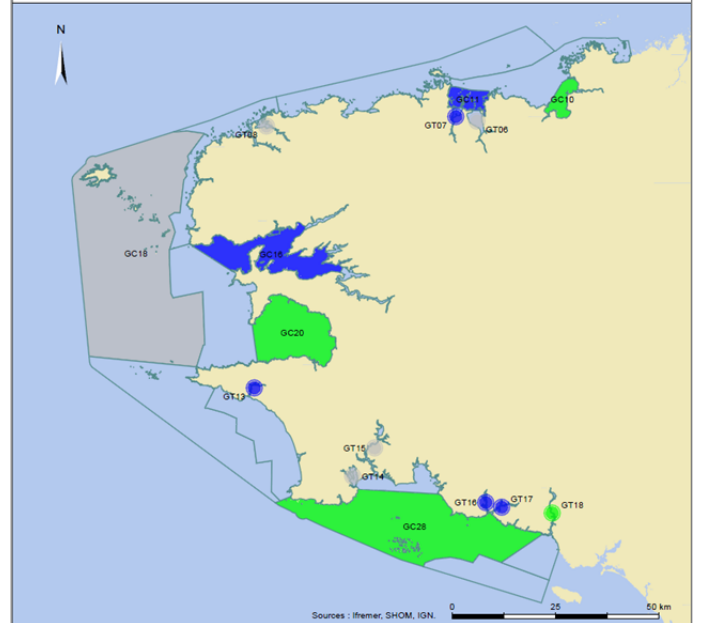
**Indicateur phytoplancton
Normandie**



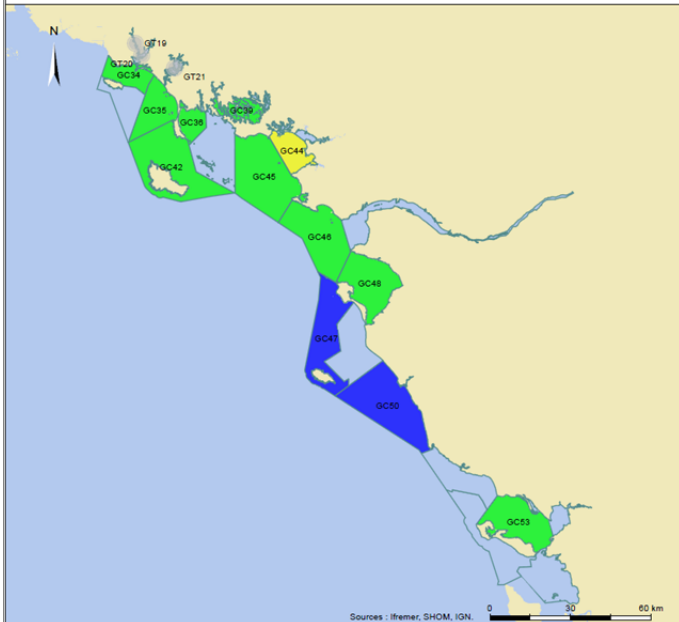
**Indicateur phytoplancton
Bretagne nord**



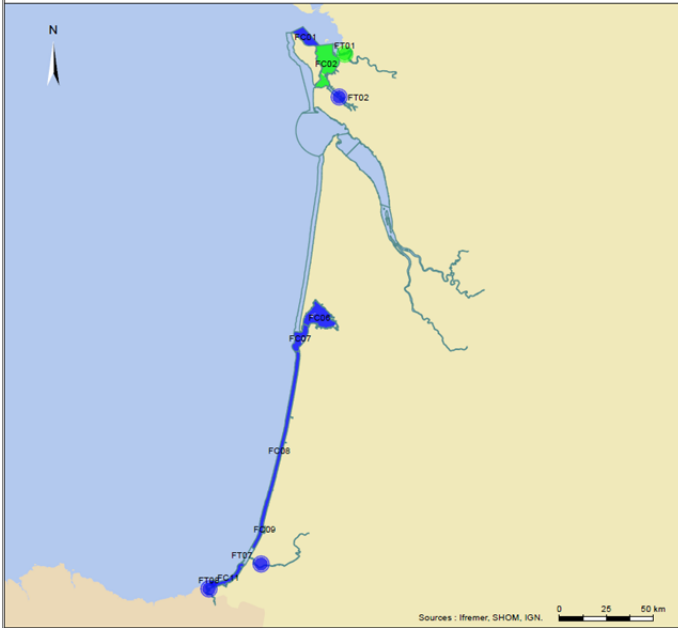
**Indicateur phytoplancton
Bretagne ouest**



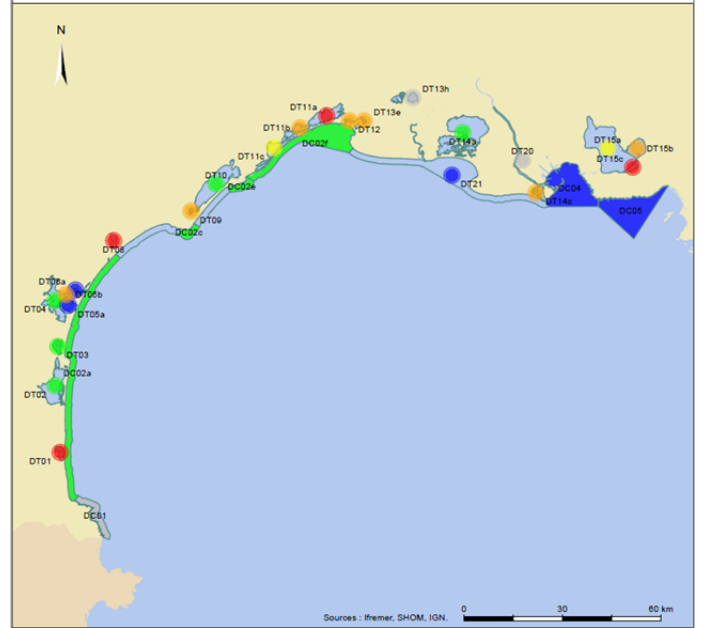
**Indicateur phytoplancton
Bretagne sud et Loire**



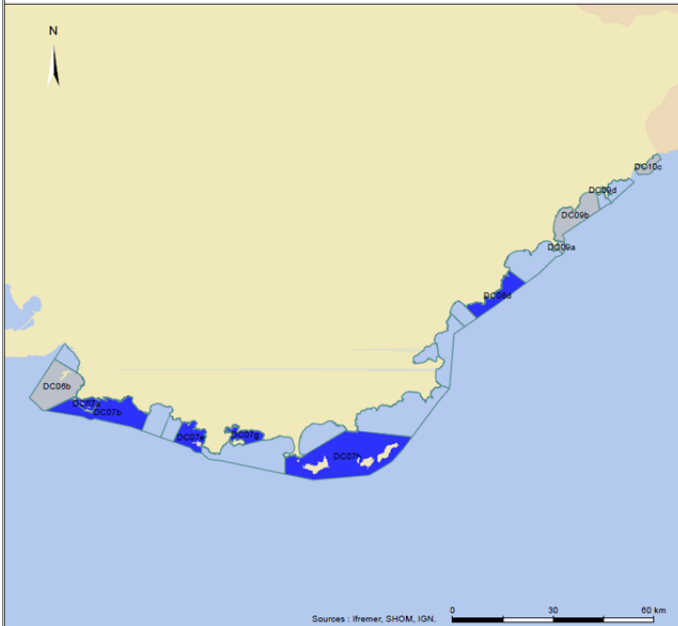
**Indicateur phytoplancton
Adour-Garonne**



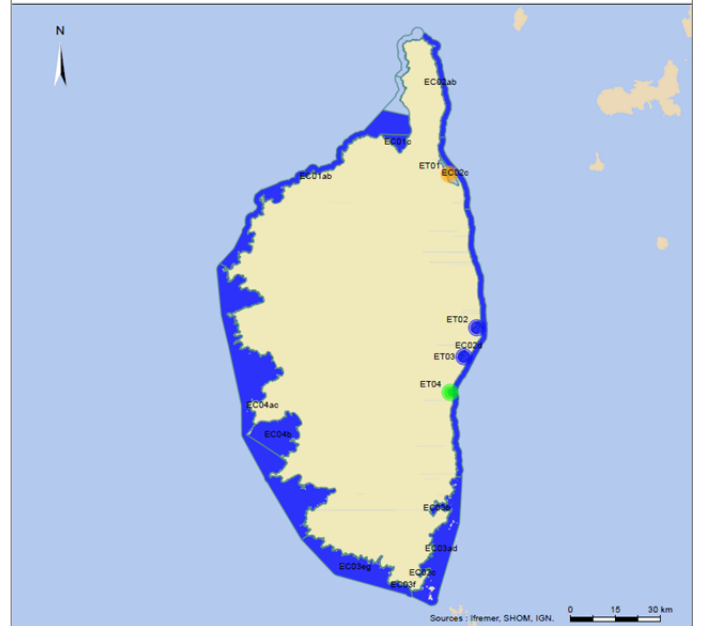
**Indicateur phytoplancton
Méditerranée ouest**



**Indicateur phytoplancton
Méditerranée est**

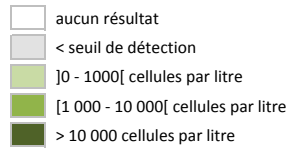


**Indicateur phytoplancton
Corse**



Annexe REPHY 6

Résultats *Ostreopsis* (concentrations maximales par mois) / palytoxines

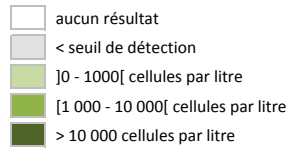


	Ostreopsis											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Frontière belge - Cap Gris Nez												
Cap Gris Nez - Le Boulonnais												
Manche Nord Est - large												
Baie de Somme - large												
Baie de Somme												
Pays de Caux Nord												
Pays de Caux Sud												
Baie de Seine et Orne												
Estuaire de la Seine												
Côte de Nacre												
Côte du Bessin												
Baie des Veys												
Ravenoville - Saint Vaast - Barfleur												
Cotentin Nord												
La Hague - Carteret												
Cotentin Ouest												
Archipel Chausey												
Baie du Mont Saint-Michel												
Rance - estuaire et large												
Arguenon - estuaire et large												
Baie de Saint-Brieuc - fond de baie												
Trieux - Bréhat												
Jaudy												
Perros Guirrec												
Baie de Lannion												
Baie de Morlaix - large												
Rivière de Morlaix												
Penzé												
Ouessant - Abers												
Iroise - Camaret												
Rade de Brest												
Baie de Douarnenez												
Baie d'Audierne												
Baie de Concarneau												
Aven - Belon - Laïta												
Rade de Lorient - Groix												
Petite mer de Gâvres												
Baie d'Etel												
Rivière d'Etel												
Belle-Ile - Houat - Hoëdic												
Baie de Quiberon												
Baie de Plouharnel												
Rivière de Crac'h												
Saint-Philibert - Le Brenequy												
Golfe du Morbihan												
Baie de Vilaine - large												
Baie de Vilaine - côte												
Rivière de Penerf												
Estuaire de la Vilaine												
Pen Bé												
Traits du Croisic												
Loire - large												
Estuaire de la Loire												
Baie de Bourgneuf												
Vendée Nord												
Olonne - Le Payré												
Ouest îles de Ré et d'Oléron												
Pertuis Breton												
Baie de l'Aiguillon												
Pertuis d'Antioche												
Marennes Oléron												
Rivière de la Charente												
Pertuis de Maumusson												
Rivière de la Seudre												
Aval et large de la Gironde												
Arcachon aval												
Bassin d'Arcachon												
Côte landaise												
Lac d'Hossegor												
Côte basque												

Palytoxines
Pas d'analyses de palytoxines dans les coquillages de Manche - Atlantique

Annexe REPHY 6

Résultats *Ostreopsis* (concentrations maximales par mois) / palytoxines



	<i>Ostreopsis</i>											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Côte catalane												
Embouchure du Tech au Grau d'Agde												
Etang de Salses-Leucate												
Etang de l'Ayrolle												
Etangs gruissanais												
Côte languedocienne												
Etang de Thau												
Etangs Palavasiens												
Côte camarguaise												
Etangs Camargue Ouest												
Golfe de Fos												
Marseille et calanques												
Rade de Toulon												
Giens - Estérel												
Cannes - Menton												
Cap Corse - Bastia												
Plaine Orientale												
Etang de Diana												
Etang d'Urbino												
Corse Ouest												

Palytoxines
Pas d'analyses de palytoxines dans les coquillages du Languedoc-Roussillon
Résultats dans les oursins tous inférieurs au seuil de détection pour les palytoxines

Annexe REPHY 7

Correspondances nom latin / nom français pour les coquillages

nom latin	nom français	regroupement utilisé pour la figure 5.2.
<i>Mytilus</i>	moule	moules
<i>Mytilus edulis</i>	moule atlantique	
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	moule méditerranéenne	
<i>Crassostrea gigas</i>	huître creuse	huîtres
<i>Ostrea edulis</i>	huître plate	
<i>Venerupis decussata</i>	palourde grise	palourdes
<i>Venerupis philippinarum</i>	palourde japonaise	
<i>Polititapes virgineus</i>	palourde rose	
<i>Aequipecten opercularis</i>	pétoncle blanc - vanneau	pectinidés
<i>Mimachlamys varia</i>	pétoncle noir	
<i>Pecten maximus</i>	coquille saint jacques	
<i>Cerastoderma edule</i>	coque	autres coquillages
<i>Donax trunculus</i>	donace	
<i>Glycymeris glycymeris</i>	amande	
<i>Spisula (Spisula) ovalis</i>	spisule	
<i>Venus verrucosa</i>	praire	
<i>Callista chione</i>	vernis	