

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 29 juillet 2014

AVIS **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,** **de l'environnement et du travail**

relatif aux modalités de définition des périodes à risque et des zones à risque concernant les phycotoxines lipophiles contaminant les coquillages dans le milieu marin

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont rendus publics.

L'Anses a été saisie le 21 décembre 2012 par la Direction générale de l'Alimentation (DGAI) afin d'émettre des recommandations concernant les modalités de définition des périodes à risque et des zones à risque pour les phycotoxines lipophiles contaminant les coquillages dans le milieu marin.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Les exigences pour la surveillance des phycotoxines dans les mollusques bivalves sont définies au niveau communautaire par les règlements (CE) n°853/2004¹, n°854/2004² et n°2074/2005³. En France, la surveillance des zones de production est assurée par l'Ifremer⁴ à travers le réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY), dont le cahier technique décrivant les modalités opérationnelles de la surveillance est revu annuellement.

Cinq familles de phycotoxines sont réglementées :

- les phycotoxines paralysantes (Paralytic Shellfish Poison, PSP) ;
- les phycotoxines amnésiantes (Amnesic Shellfish Poison, ASP) ;
- l'acide okadaïque (AO), les dinophysistoxines (DTX) et les pectenotoxines (PTX) pris ensemble ;
- les yessotoxines (YTX) ;
- les azaspiracides (AZA).

¹ Règlement (CE) n°853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale

² Règlement (CE) n°854/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine

³ Règlement (CE) n°2074/2005 de la Commission du 5 décembre 2005 établissant les mesures d'application relatives à certains produits régis par le règlement (CE) n°853/2004 du Parlement européen et du Conseil et à l'organisation des contrôles officiels prévus par les règlements (CE) n°854/2004 du Parlement européen et du Conseil et (CE) n°882/2004 du Parlement européen et du Conseil, portant dérogation au règlement (CE) n°852/2004 du Parlement européen et du Conseil et modifiant les règlements (CE) n°853/2004 et (CE) n°854/2004

⁴ Ifremer : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

Les PSP et les ASP sont des phycotoxines hydrophiles, tandis que les autres sont lipophiles (AO, DTX, PTX, YTX, AZA) et sont souvent désignées par le terme Diarrheic Shellfish Poison (DSP).

Parmi les dispositions fixées par le règlement (CE) n°854/2004 applicables aux mollusques bivalves, figurent les mesures suivantes :

- a) « un échantillonnage périodique [de l'eau] visant à détecter les changements dans la composition du plancton contenant des toxines et leur répartition géographique. Tout résultat permettant de suspecter une accumulation de toxines dans la chair des mollusques doit être suivi d'un échantillonnage intensif ;
- b) des tests périodiques de toxicité sur les mollusques de la zone affectée qui sont les plus sensibles à la contamination ».

Ainsi en France, dans le cadre du REPHY, des seuils d'abondance de cellules planctoniques dans l'eau de mer appelés « seuils d'alerte » (nombre de cellules par litre d'eau) ont été définis par l'Ifremer pour les trois principaux genres de phytoplancton toxigène, seuils au-delà desquels un contrôle des concentrations en toxines dans la chair de coquillages est réalisé. Il s'agit de *Dinophysis* pour les toxines DSP, *Alexandrium* pour les toxines PSP et de *Pseudo-Nitzschia* pour les toxines ASP. Les seuils d'alerte définis pour *Alexandrium* et pour *Pseudo-Nitzschia* correspondent à des abondances cellulaires à partir desquelles il existe un risque que la concentration en toxines dans le coquillage dépasse les limites maximales réglementaires et constitue un risque pour le consommateur. Les données historiques de l'Ifremer ont montré qu'en-dessous de ces seuils d'alerte, les concentrations en toxines sont toujours très faibles. Le plancton est donc un bon indicateur.

Ce n'est pas le cas pour *Dinophysis* et les toxines lipophiles (DSP). En effet, des concentrations en toxines dans les coquillages supérieures à la limite maximale réglementaire sont régulièrement observées alors qu'aucune cellule de *Dinophysis* dans le prélèvement d'eau n'a été détectée. Le plancton n'est donc pas un bon indicateur. C'est pourquoi, dans le cas spécifique des toxines lipophiles, un contrôle systématique (c'est-à-dire hebdomadaire) des concentrations en toxines dans les coquillages est réalisé lors de périodes définies comme étant à risque.

Cette stratégie est complétée par une dernière mesure : pour 11 points⁵ répartis sur le littoral français métropolitain, un contrôle des concentrations en toxines dans les coquillages est réalisé une fois par mois (en dehors de toute notion de période à risque et de seuil d'alerte).

Pour les gisements au large (pectinidés et autres coquillages, tels que palourdes roses, amandes) pour lesquels la distance de la côte et la profondeur des gisements exploités (benthiques ou enfouis) ne permettent pas un échantillonnage représentatif du phytoplancton dans la colonne d'eau, la recherche des trois groupes de toxines (DSP, PSP, ASP) est effectuée de manière systématique dans les coquillages un mois et deux semaines avant la période de pêche. Pendant la période de pêche, tant qu'aucune toxine n'est détectée, la fréquence d'échantillonnage des coquillages est d'une fois par quinzaine ; pendant un épisode toxique (concentrations en toxines supérieures aux limites réglementaires), elle est d'une fois par semaine.

En dehors des périodes à risque, la stratégie de surveillance des toxines DSP est identique à celle appliquée pour les toxines PSP et ASP. En pratique, cette surveillance repose sur des prélèvements d'eau de mer, dont la fréquence varie d'une fois par semaine à une fois par mois.

⁵ Les « points de référence toxines lipophiles » ont été définis par l'Ifremer selon les critères suivants :

- une répartition le long du littoral métropolitain
- des points situés dans des zones de production actives toute l'année
- des points situés dans des zones à risque, dont certains avec présence de toxicité atypique
- des points situés dans des zones non à risque
- priorité donnée à des points comportant des moules
- des points pour lesquels l'Ifremer dispose déjà d'un historique de surveillance.

Dans un avis daté du 4 décembre 2009, l'Agence⁶ émettait des recommandations quant aux modalités de calcul des périodes à risque et mettait en évidence que la survenue d'un résultat défavorable (concentration supérieure à la limite réglementaire) au cours des trois dernières années était le scénario permettant d'offrir le niveau de sécurité le plus élevé pour le consommateur.

Ce mode de calcul a été mis en place dès 2010 :

- pour 2010, la période de référence était 2007-2009 et les résultats pris en compte provenaient uniquement des analyses par bio-essai sur souris (BES), puisqu'il était l'outil officiel de détection des toxines lipophiles jusqu'au 31 décembre 2009. A partir du 1^{er} janvier 2010, le bio-essai sur souris a été remplacé par la chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS) ;
- pour 2011, la période de référence était 2008-2010 et les résultats pris en compte provenaient des BES pour les années 2008 et 2009 et des analyses chimiques pour l'année 2010 ;
- à partir de 2013, seuls les résultats provenant des analyses chimiques sont pris en compte pour le calcul des périodes à risque.

Sachant que ce mode de calcul avait été identifié en 2009 par l'Afssa sur la base d'analyses réalisées par BES entre 2003 et 2008, il apparaît aujourd'hui pertinent de s'intéresser à nouveau à ce mode de calcul afin de définir s'il permet toujours d'offrir le niveau de sécurité le plus élevé pour le consommateur.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

L'expertise collective a été réalisée par le Comité d'experts spécialisé « Evaluation des risques physico-chimiques dans les aliments » (CES ERCA). Les travaux d'expertise du CES ERCA se sont basés sur un appui scientifique et technique (AST) réalisé par l'Unité méthodes et études en microbiologie et santé animale, de la Direction de l'évaluation des risques. Cet AST a été présenté et discuté (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques) lors des réunions plénières du 19 novembre 2013, 17 mars 2014, 14 avril 2014, 20 mai 2014, 26 juin 2014. De plus, deux rapporteurs ont été nommés pour apporter un appui méthodologique en amont de la réalisation de l'AST puis pour réaliser une analyse critique du rapport d'AST auprès du CES ERCA. Les travaux ont été adoptés par le CES ERCA en réunion plénière le 26 juin 2014 et par voie télématique le 3 juillet 2014.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise. Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

L'Ifremer a transmis à l'Anses une extraction de la base de données Quadriges2 le 17 décembre 2013 pour les années 2010, 2011, 2012 puis le 14 février 2014 pour l'année 2013. Les résultats correspondant à l'analyse chimique des phycotoxines dans la chair ou dans la glande digestive de coquillages ont été regroupés par année, sous la forme de 4 fichiers de plus de 40 000 lignes chacun (une ligne correspondant à un résultat d'analyse pour une toxine donnée).

⁶ Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments du 4 décembre 2009 relatif au dispositif de surveillance des phycotoxines lipophiles dans les zones conchylicoles concernant la détermination des périodes à risque et des points de référence (saisine n°2009-SA-0205). L'Afssa est devenue l'Anses au 1^{er} juillet 2010.

Du fichier original, seule a été retenue pour l'analyse la somme des toxines réglementées en acide okadaïque, dinophysistoxines et pectenotoxines exprimée en TEF (facteur d'équivalence toxique) dans la chair totale en µg eq AO/kg. Cela correspond à 5 434 résultats.

Les données ont ensuite été analysées selon les trois étapes suivantes :

- 1) La première étape a consisté en une analyse descriptive des données. Elle a permis d'identifier les analyses statistiques pouvant être mises en œuvre.
- 2) La deuxième étape avait pour objectif d'évaluer l'efficacité du système actuel pour la définition des périodes à risque (1 résultat supérieur à la limite réglementaire au cours des 3 dernières années). Selon une approche analogue à la démarche de 2009, il a été possible d'estimer la sensibilité et la spécificité du système.
 - ▶ L'année 2013 est la première et la seule année pour laquelle les périodes à risque ont été définies uniquement sur les résultats d'analyses chimiques des 3 années antérieures. Elle constitue donc la seule année de référence disponible à ce jour.
 - ▶ Une comparaison a été réalisée entre les périodes définies à risque selon le mode de calcul actuel et les résultats d'analyses chimiques obtenus en 2013. Plus précisément, il a été recherché si au moins un résultat d'analyse chimique défavorable (c'est-à-dire supérieur à la limite réglementaire) a été obtenu pendant ou en dehors d'une période définie à risque, pour chaque mois et chaque zone où des données sont disponibles. **Un Faux Négatif** revient à dire que le couple « zone x mois » n'a pas été défini comme période à risque alors qu'au moins une valeur dépassant la limite réglementaire a été mesurée en 2013 au cours de la période et pour la zone considérée. *Un Faux Négatif représente un risque pour le consommateur qui n'a pas été détecté par le mode de calcul actuel des périodes à risque.* **Un Faux Positif** revient à dire que le couple « zone x mois » a été défini comme période à risque et qu'aucune concentration dépassant la limite réglementaire n'a été trouvée en 2013 au cours de la période et pour la zone considérée. La définition de la période à risque a entraîné un coût en termes d'analyse non justifié au regard des résultats obtenus en 2013. Cette comparaison a permis d'évaluer les performances du système actuel de définition des périodes à risque, à savoir la **sensibilité** et la **spécificité** à partir des données disponibles, de façon agrégée sur tous les « zones x mois » possibles.
- 3) La troisième étape a porté sur les possibilités d'amélioration du système actuel, en exploitant au maximum l'information apportée par les résultats de l'analyse chimique sur toutes les données disponibles antérieures à l'année de référence. Ainsi, même les concentrations en toxines lipophiles inférieures à la limite réglementaire et les données censurées (inférieures à la limite de quantification) ont été prises en compte pour définir une probabilité de dépassement pour la zone et le mois considérés (ce qui n'est pas le cas avec le système actuel qui, selon une approche qualitative, ne prend en compte que les événements de dépassement).
 - ▶ La première étape a été de comparer les performances du système actuel aux performances des alternatives proposées, en termes de sensibilité, de spécificité et de coût correspondant au nombre de « zones x mois » définis comme à risque, en prenant toujours l'année 2013 comme année de référence.
 - ▶ Des exemples d'application pour différents niveaux de sensibilité et de spécificité, meilleures que ceux du système actuel, sont proposés pour 2014, en utilisant les données de 2010 à 2013 (soit 4 années). Les données de toutes les années disponibles sont ainsi exploitées afin de mieux prendre en compte la variabilité interannuelle de contamination.

L'ensemble des calculs ont été réalisés sur des logiciels gratuits (R 3.0.3) avec des packages adaptés : fitdistrplus, Rjags et JAGS 3.4.0. Les représentations cartographiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Arcmap 10.1 (Arcgis/Arcview).

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES

Le Comité d'experts spécialisé « Evaluation des risques physico-chimiques dans les aliments » (CES ERCA) a adopté le rapport d'appui scientifique et technique figurant en annexe du présent avis et dont une synthèse est présentée ci-après.

■ Analyse descriptive des données

En 2013, 77 zones marines ont été définies comme zones à risque. Sur les 924 couples « zone x mois » correspondant, seuls 60% ont fait l'objet d'une analyse chimique en 4 ans de suivi. Ceci est lié à la stratégie d'échantillonnage puisqu'il n'y a pas de suivi minimum systématique par analyse chimique.

Deux difficultés majeures sont donc apparues : *i)* il n'est pas possible de définir une période à risque en absence de donnée et *ii)* il n'est pas possible de vérifier si cette définition était appropriée ou non.

Près de 55% des données pour lesquelles un résultat est disponible sont inférieures à la limite de quantification. Il faut aussi noter le très fort écart entre les valeurs minimales et maximales mesurées dans les coquillages (3 à 37 296 µg eq AO/kg de chair totale). La limite réglementaire est de 160 µg eq AO/kg de chair totale.

Les données non-censurées transformées en log10 suivent approximativement une distribution normale.

La répartition temporelle (selon les mois) et spatiale (selon les zones marines) des données a mis en évidence une grande diversité de situations. Par exemple pour certaines zones marines, des résultats d'analyse chimique sont disponibles au moins une fois par mois tout au long de l'année tandis que pour d'autres zones marines, il n'y a qu'un résultat sur les 4 années.

■ Performances du mode actuel de définition des périodes à risque et des zones à risque

Pour 2013 (année de référence), l'analyse a mis en évidence 417 situations dans lesquelles aucune donnée n'était disponible sur la période 2010-2012. Cela représente **45% des couples « zone x mois » pour lesquels il n'y a pas de donnée pour définir si la période est à risque ou non**. Ce manque de données pourrait être modulé par la prise en compte des périodes de récolte dans le cas des coquillages pêchés au large (coquilles Saint-Jacques par exemple), mais cette information ne figure pas dans les données transmises à l'Anses.

Au total en 2013, 102 « zones x mois » ont été définis comme à risque.

La comparaison entre les périodes définies à risque selon le mode de calcul actuel et les résultats d'analyse chimique obtenus en 2013 a révélé :

- ▶ **33 vrais positifs** (VP) prédits et trouvés comme « zone x mois » à risque ;
- ▶ **65 faux positifs** (FP) prédits comme « zone x mois » à risque mais pas de dépassement de la limite réglementaire en 2013 ;
- ▶ **32 faux négatifs** (FN) prédits comme « zone x mois » non à risque mais trouvés en situation de dépassement de la limite réglementaire en 2013 (grâce au suivi phytoplanctonique) ;
- ▶ **415 vrais négatifs** (VN) prédits et trouvés comme « zone x mois » non à risque.

Les paramètres d'efficacité du système actuel peuvent être définis par :

- ▶ **Sensibilité** : $VP/(VP+FN) = 51\%$, c'est la capacité (probabilité) du dispositif à prédire à bon escient que le couple « zone x mois » soit à risque ;
- ▶ **Spécificité** : $VN/(VN+FP) = 86\%$, c'est la capacité (probabilité) du dispositif à prédire à bon escient que le couple « zone x mois » ne soit à pas risque .

Ces performances sont des performances « apparentes », car les données manquantes ne peuvent pas être prises en compte dans ces estimations. Par défaut, en absence d'analyse chimique, un couple « zone x mois » est défini comme étant non à risque.

■ Méthodes alternatives de définition des périodes à risque et des zones à risque

Deux méthodes alternatives ont été étudiées en se basant sur l'année 2013 comme année de référence : le **maximum de vraisemblance** et l'**inférence bayésienne**. Toutes deux estiment pour chaque couple « zone x mois » la probabilité de dépassement de la limite réglementaire. **Il revient alors au gestionnaire du risque de définir le niveau de risque acceptable**. Ainsi, selon la valeur du seuil de signification statistique « p » choisi, il est possible de déterminer pour chaque zone et pour chaque mois, si cette période doit être considérée à risque en fonction de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire qui a été estimée. La sensibilité et la spécificité du système sont donc définies par le gestionnaire du risque.

L'approche par le maximum de vraisemblance permet d'estimer une valeur ponctuelle, la plus probable, à partir du jeu de données. L'amélioration du système selon cette méthode est possible mais nécessite d'augmenter le nombre de « zones x mois » à risque. Avec l'année 2013 comme année de référence, on commence à améliorer le système à partir d'une sensibilité de 54% (comparé à 51% avec le système actuel) qui correspond à un nombre de « zones x mois » à risque de 116 (comparé à 102 avec le système actuel) et un seuil de signification statistique « p » proche de 10%. Cette méthode permet d'atteindre une sensibilité allant jusqu'à 81% (correspondant à 257 « zones x mois » à risque et un seuil de signification statistique « p » proche de 1%).

L'approche par inférence bayésienne permet de tenir compte de l'incertitude sur l'estimation des paramètres, par exemple celle liée au faible nombre de données disponibles. Ainsi, il est possible d'estimer l'incertitude sur l'estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire. Une distribution est obtenue sur laquelle des quantiles peuvent être calculés. Le quantile 20 apparaît le meilleur compromis pour améliorer le système. L'avantage de cette approche (comparée à celle du maximum de vraisemblance) est qu'elle permet de traiter les situations dans lesquelles toutes les données sont censurées ainsi que celles où une seule donnée est disponible. L'amélioration du système selon cette méthode est possible mais nécessite aussi d'augmenter le nombre de « zones x mois » à risque. Avec l'année 2013 comme année de référence, on commence à améliorer le système à partir d'une sensibilité de 52% (comparé à 51% avec le système actuel) qui correspond à un nombre de « zones x mois » à risque de 110 (comparé à 102 avec le système actuel) et un seuil de signification statistique « p » de 8%. Cette méthode permet d'atteindre une sensibilité allant jusqu'à 85% (correspondant à 282 « zones x mois » à risque et un seuil de signification statistique « p » de 0,1%).

Les résultats pour l'année 2014 montrent une forte augmentation du nombre de « zones x mois » devant être classés à risque comparé à l'année 2013, pour un même niveau de protection du consommateur (valeur du seuil de signification statistique « p »). Par exemple, pour un « p » de 3,5% le nombre de « zones x mois » à risque passe de 170 en 2013 à 214 en 2014. Le mode de calcul actuel a aussi conduit, dans une moindre mesure, à une augmentation du nombre de périodes à risque, passant de 102 en 2013 à 113 en 2014.

■ Conclusions du CES

L'analyse statistique des données transmises à l'Anses a montré que le mode actuel de définition des périodes et des zones à risque (1 résultat supérieur à la limite réglementaire au cours des 3 dernières années) présente des limites en termes de sensibilité et de spécificité. Deux méthodes alternatives ont été étudiées, le maximum de vraisemblance et l'inférence bayésienne, avec l'année 2013 comme année de référence. Le CES ERCA recommande de **privilégier l'approche par inférence bayésienne** car cette méthode permet de prendre en compte un plus grand nombre de situations que la méthode par maximum de vraisemblance et elle offre un niveau de performance au moins comparable à celui du système actuel de définition des périodes à risque.

La méthode alternative estime pour chaque couple « zone x mois » une probabilité de dépassement de la limite réglementaire (se reporter à titre d'exemple pour 2014 aux tableaux 21 et 22 en annexe). Si cette probabilité est supérieure au seuil de signification statistique choisi par le gestionnaire du risque, cette période est classée à risque.

Le CES ERCA attire l'attention sur l'absence de données pour un grand nombre de couples « zone x mois » sur la période 2010-2013, rendant impossible toute estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire. Ainsi, le CES ERCA recommande **d'acquérir des données d'analyse chimique selon une fréquence mensuelle ou bimensuelle, a minima sur les zones importantes de production et pour les coquillages concernés, sur plusieurs années.**

L'absence de donnée peut aussi s'expliquer par l'absence de pêche ou de récolte de coquillages durant la période considérée. **Il serait utile de disposer de cette information et d'en tenir compte dans les modèles statistiques**, d'une part pour réviser les estimations de la performance des méthodes testées et d'autre part pour ajuster les calendriers de prédiction des périodes à risque.

L'approche alternative, un peu plus complexe à mettre en œuvre, est plus rigoureuse scientifiquement et permet d'atteindre un niveau de sécurité du consommateur plus élevé qu'avec l'approche actuelle. Afin de confirmer les résultats obtenus avec l'année 2013 comme seule année de référence, le CES ERCA recommande que l'analyse soit poursuivie en intégrant les données d'une année supplémentaire (2014).

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail adopte les conclusions du Comité d'experts spécialisé « Evaluation des risques physico-chimiques dans les aliments ».

Marc Mortureux

MOTS-CLES

Biotoxines marines, coquillages, surveillance, phycotoxines lipophiles

ANNEXE

Rapport d'appui scientifique et technique, Définition des périodes à risque et des zones à risque pour les phycotoxines lipophiles contaminant les coquillages dans le milieu marin, 2 mai 2014, 46 pp.

Annexe :

RAPPORT
d'appui scientifique et technique

**Définition des périodes à risque et des zones à risque pour les
phycotoxines lipophiles contaminant les coquillages dans le
milieu marin**

2 mai 2014

SOMMAIRE

Liste des tableaux.....	10
Liste des figures	11
1 Objectifs de l'appui scientifique et technique.....	12
2 Origine des données et méthode d'analyse.....	12
2.1 Origine des données.....	12
2.2 Méthode d'analyse des données et principales définitions	12
3 Analyse descriptive des données	13
3.1 Stratégie d'échantillonnage mise en œuvre par l'Ifremer	13
3.2 Description des données 2010-2013.....	14
3.2.1 Données agrégées.....	14
3.2.2 Données par zone marine	16
3.2.2.1 Répartition temporelle.....	16
3.2.2.2 Répartition spatiale	19
4 Evaluation des performances des modalités actuelles de définition des périodes et des zones à risque	23
4.1 Définition des périodes et des zones à risque pour 2013	23
4.2 Efficacité des modalités actuelles de définition des périodes et des zones à risque au vu des résultats obtenus en 2013.....	24
4.3 Prévision pour 2014	26
4.4 Conclusion	27
5 Alternatives au système actuel de définition des périodes et des zones à risque et performances associées	27
5.1 Méthode proposée	27
5.1.1 Estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire pour chaque « zone x mois » pour lesquels des données sont disponibles (au moins une donnée non censurée)	27
5.1.2 Définition des périodes à risque en fonction du niveau de risque acceptable de dépassement de la limite réglementaire	29
5.2 Performances de la méthode alternative par le maximum de vraisemblance	29
5.3 Performances de la méthode alternative par inférence bayésienne.....	30
6 Propositions pour la prédiction des zones à risque pour 2014	35
7 Limites de l'analyse	39
8 Conclusions et perspectives	39
9 BIBLIOGRAPHIE	41
ANNEXES du rapport AST	42

Liste des tableaux

Tableau 1 : Descriptif des données agrégées de 2010 à 2013	15
Tableau 2 : Descriptif des données de 2010, 2011 et 2012 qui ont servi de base à la définition des périodes et des zones à risque pour l'année 2013.....	23
Tableau 3 : Périodes à risque définies pour chaque zone pour l'année 2013	24
Tableau 4 : Comparaison entre la prédiction (période à risque/non à risque) et les résultats obtenus en 2013.....	25
Tableau 5 : Périodes à risque définies pour chaque zone pour l'année 2014 (système actuel)	26
Tableau 6 : Récapitulatif des performances des modalités actuelles de définition des zones et périodes risque	27
Tableau 7 : Sensibilité et spécificité pour 2013 par inférence bayésienne sur les données de 2010-2012, pour le quantile 20 de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire.en fonction du seuil de signification statistique.....	33
Tableau 8 : Comparaison entre la prédiction (période à risque/non à risque) et les résultats obtenus en 2013 sur la base du quantile 20 et d'un seuil de signification statistique de 2%	34
Tableau 9 : Exemple de prédiction des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 2% sur la base des données 2010-2013.....	36
Tableau 10 : Exemple de prédiction des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 3,5% sur la base des données 2010-2013.....	37
Tableau 11 : Exemple de prédiction des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 3,5% sur la base des données 2010-2013, sans les données « au large »	38
Tableau 12 : Comparaison des avantages et des inconvénients des deux approches de définition des zones et périodes à risque	40
Tableau 13 : Données disponibles par espèce de coquillages	43
Tableau 14 : Codes et libellés des zones marines selon Ifremer	44
Tableau 15 : Données disponibles zone par zone et mois par mois de 2010 à 2013	45
Tableau 16 : Données disponibles zone par zone de 2010 à 2012.....	46
Tableau 17 : Résultats détaillés de l'estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire par le maximum de vraisemblance, zones 3 à 57.....	46
Tableau 18 : Résultats détaillés de l'estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire par le maximum de vraisemblance, zones 58 à 119.....	48
Tableau 19 : Résultats détaillés du quantile 20 de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire par inférence bayésienne, sur la base des données 2010 à 2012, zone 3 à 58	49
Tableau 20 : Résultats détaillés du quantile 20 de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire par inférence bayésienne, sur la base des données 2010 à 2012, zone 59 à 119	50
Tableau 21 : Résultats du quantile 20 sur 2014 pour la prédiction de la probabilité de dépassement sur données 2010-2013, zones 3 à 58	51
Tableau 22 : Résultats du quantile 20 sur 2014 pour la prédiction de la probabilité de dépassement sur données 2010-2013, zones 59 à 119	52
Tableau 23 : Résultats du quantile 20 sur 2014 pour la prédiction de la probabilité de dépassement sur données 2010-2013, sans les données du large, zones 6-57	53
Tableau 24 : Résultats du quantile 20 sur 2014 pour la prédiction de la probabilité de dépassement sur données 2010-2013, sans les données du large, zones 59-119	54

Liste des figures

Figure 1 : Distribution des concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages transformées en log10.....	16
Figure 2 : Exemple de répartition au cours de l'année des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages, pour les années 2010 à 2013 cumulées, par zone marine.....	17
Figure 3 : Exemple de répartition au cours de l'année des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages, pour les années 2010 à 2013 cumulées, par zone marine.....	18
Figure 4 : Répartition spatiale des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages, sur le littoral Atlantique.....	20
Figure 5 : Répartition spatiale des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages en Méditerranée.....	21
Figure 6 : Répartition spatiale des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages en Corse.....	22
Figure 7 : Sensibilité et spécificité pour 2013, à partir de l'estimation de la probabilité de dépassement selon le maximum de vraisemblance sur les données de 2010-2012 et en fonction du seuil de signification statistique.....	29
Figure 8 : Sensibilité et spécificité pour 2013, à partir de l'estimation de la probabilité de dépassement selon le maximum de vraisemblance sur les données de 2010-2012 et en fonction du nombre de « zones x mois » à risque.....	30
Figure 9 : Sensibilité et spécificité pour 2013 par inférence bayésienne sur les données de 2010-2012 en fonction du nombre de « zones x mois » à risque pour 8 quantiles.....	31
Figure 10 : Sensibilité et spécificité pour 2013 par inférence bayésienne sur les données de 2010-2012 en fonction du seuil de signification statistique pour 8 quantiles.....	32
Figure 11 : Sensibilité et spécificité pour 2013 par inférence bayésienne sur les données de 2010-2012, pour le quantile 20 en fonction du seuil de signification statistique (< 10%).....	33

1 Objectifs de l'appui scientifique et technique

L'appui scientifique et technique (AST) réalisé par l'Unité méthodes et études en microbiologie et santé animale de la Direction de l'évaluation des risques dans le cadre de la saisine 2012-SA-0272 a deux objectifs :

- 1) évaluer les performances des modalités actuelles de définition des périodes à risque (telles que recommandées par l'Afssa en 2009) à partir des résultats d'analyses chimiques des phycotoxines lipophiles dans les coquillages obtenus pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013 ;
- 2) étudier les pistes possibles d'amélioration.

2 Origine des données et méthode d'analyse

2.1 Origine des données

L'Ifremer a transmis à l'Anses une extraction de la base de données Quadriges2 le 17 décembre 2013 pour les années 2010, 2011, 2012 puis le 14 février 2014 pour l'année 2013. Les résultats correspondant à l'analyse chimique des phycotoxines dans la chair ou dans la glande digestive de coquillages ont été regroupés par année, sous la forme de 4 fichiers de plus de 40 000 lignes chacun (une ligne correspondant à un résultat d'analyse pour une toxine donnée).

Du fichier original, seule a été retenue pour l'analyse la somme des toxines réglementées en acide okadaïque, dinophysistoxines et pectenotoxines exprimée en TEF (facteur d'équivalence toxique) dans la chair totale en µg eq AO/kg.

Afin de mieux comprendre la répartition géographique des données transmises, notamment la localisation des zones marines suivies, une demande d'information complémentaire a été adressée à l'Ifremer le 18 mars 2014. Les fichiers des zones marines géoréférencées ont été reçus le 24 mars 2014.

2.2 Méthode d'analyse des données et principales définitions

La méthode peut être résumée en quatre points :

- 1) La première partie de cet AST porte sur l'analyse descriptive des données. Elle permet d'identifier les analyses statistiques qui peuvent être mises en œuvre.
- 2) La deuxième partie a pour objectif d'évaluer l'efficacité du système actuel pour la définition des périodes à risque. Selon une approche analogue à la démarche de 2009, il est possible d'estimer la sensibilité et la spécificité du système.
 - ▶ L'année 2013 est la première et la seule année pour laquelle les périodes à risque ont été définies uniquement sur les résultats d'analyses chimiques des 3 années antérieures. Elle constitue donc la seule année de référence disponible.
 - ▶ Une comparaison est réalisée entre les périodes définies à risque selon le mode de calcul actuel et les résultats d'analyses chimiques obtenus en 2013. Plus précisément, il est recherché si au moins un résultat d'analyse chimique défavorable (c'est-à-dire supérieur à la limite réglementaire) a été obtenu pendant ou en dehors d'une période définie à risque, pour chaque mois et chaque zone où des données sont disponibles. **Un Faux Négatif** revient à dire que le couple « zone x mois » n'a pas été défini comme période à risque alors qu'au moins une valeur dépassant la limite réglementaire a été mesurée en 2013 au cours de la période et pour la zone considérée. *Un Faux Négatif représente un risque pour le consommateur qui n'a pas été détecté par le mode de calcul actuel des périodes à risque.* **Un Faux Positif** revient à dire que le couple « zone x mois » a été défini comme période à risque et qu'aucune concentration dépassant la limite réglementaire n'a été trouvée en 2013 au cours de la période et pour la zone

considérée. La définition de la période à risque a entraîné un coût en termes d'analyse non justifié au regard des résultats obtenus en 2013.

Cette comparaison permet d'évaluer les performances du système actuel de définition des périodes à risque, à savoir la **sensibilité** (1-taux de faux négatif) et la **spécificité** (1 – taux de faux positif) à partir des données disponibles, de façon agrégée sur tous les « zones x mois » possibles.

- 3) La troisième partie de cet AST s'intéresse aux possibilités d'amélioration du système actuel, en exploitant au maximum l'information apportée par les résultats de l'analyse chimique sur toutes les données disponibles antérieures à l'année de référence.
 - ▶ La première étape est de comparer les performances du système actuel aux performances des alternatives proposées, en termes de sensibilité, de spécificité et de coût correspondant au nombre de « zones x mois » définis comme à risque, en prenant toujours l'année 2013 comme année de référence.
 - ▶ Des exemples d'application pour différents niveaux de sensibilité et de spécificité, meilleures que ceux de système actuel, sont donnés pour 2014, en utilisant les données de 2010 à 2013 (soit 4 années). Les données de toutes les années disponibles sont exploitées afin de mieux prendre en compte la variabilité interannuelle de contamination.
- 4) La dernière partie traite des limites de l'AST et des perspectives d'amélioration du système actuel.

L'ensemble des calculs ont été réalisés sur des logiciels gratuits (R 3.0.3) avec des packages adaptés : fitdistrplus (Delignette-Muller *et al.*, 2014), Rjags et JAGS 3.4.0 (Plummer, 2005). Les représentations cartographiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Arcmap 10.1 (Arcgis/Arcview).

3 Analyse descriptive des données

Afin de mieux comprendre la description des données prises en compte dans cette analyse, il est important d'avoir quelques notions sur la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre par l'Ifremer.

3.1 Stratégie d'échantillonnage mise en œuvre par l'Ifremer

L'Ifremer a défini⁷ des zones marines en tant qu'unités géographiques cohérentes, établies de manière à inclure l'ensemble des points de prélèvement de la base Quadrige2 et à couvrir les aspects à la fois environnementaux et sanitaires du réseau REPHY. Chaque zone marine est identifiée par un code composé de trois chiffres et un libellé.

Pour chaque zone marine, et pour chaque mois, des analyses chimiques pour les phycotoxines lipophiles ont été réalisées⁸ dans les coquillages si :

- ▶ le mois considéré était une période à risque, la fréquence d'échantillonnage est alors hebdomadaire ;
- ▶ un dépassement du seuil d'alerte phytoplanctonique pour *Dinophysis* a été observé, dans ce cas un prélèvement de coquillages dans la zone marine concernée est programmé la semaine suivante et une analyse chimique est réalisée. Si le résultat de l'analyse chimique est supérieur à la limite réglementaire, la zone passe en alerte avec une fréquence hebdomadaire d'analyse jusqu'à ce que la concentration soit inférieure à la limite réglementaire. La surveillance du phytoplancton est bimensuelle (tous les 15 jours) ou mensuelle suivant les zones ou périodes.
- ▶ le point est l'un des 11 points de référence, la fréquence d'échantillonnage est alors mensuelle.

⁷ Ifremer (2010). Document de prescription REPHY : inventaire cartographique des points de prélèvement.

⁸ Ifremer (2012). Cahier de Procédures REPHY 2012-2013.

Pour chaque zone marine, il existe souvent plusieurs points de prélèvement. En fonction des situations, tous les points ou un seul d'entre eux peuvent faire l'objet d'analyses chimiques. De même, suivant les zones ou les points considérés, les espèces de coquillages ne sont pas les mêmes, en fonction de la production conchylicole du secteur ou d'autres considérations. Vu le nombre limité d'analyses disponibles, les déséquilibres d'effectifs selon les espèces de coquillages et en l'absence de question spécifique à ces deux considérations (points de suivis à l'intérieur d'une zone, espèces de coquillages), ces points ont été négligés dans l'analyse. En majorité les résultats d'analyses portent sur les moules, les huîtres et les coquilles Saint-Jacques, les palourdes et les coques mais d'autres espèces sont représentées comme la mactre, la palourde rose, la donace (tableau 13 en annexe). A l'intérieur de certaines zones, des points au large ont été identifiés dont l'influence sur le jeu de données pourraient être pris en considération.

3.2 Description des données 2010-2013

3.2.1 Données agrégées

Le tableau 1 présente les caractéristiques des données retenues pour l'analyse, correspondant à un total de 5 434 résultats.

Soixante-dix sept zones sont représentées, il y a donc potentiellement 924 « zone x mois » renseignés (77x12). En fait, environ 40% des cas ne présentent pas de résultat d'analyse chimique en 4 ans de suivi. Ceci est lié à l'origine des données (section précédente) puisqu'il n'y a pas de suivi minimum systématique par analyse chimique.

Il y a donc 2 difficultés majeures : 1) il n'est pas possible de définir une période à risque en absence de données et 2) il n'est pas possible de vérifier si cette définition était appropriée ou pas si lorsque la zone n'est pas à risque, il n'y a pas de résultats d'analyse pour le confirmer.

Pour les mois qui ont fait l'objet d'un suivi, dans un certain nombre de cas, toutes les données sont censurées (inférieures à la limite de quantification) et parfois, en 4 ans, il n'y a qu'un seul résultat d'analyse disponible pour ce mois et cette zone. Pour les zones qui font l'objet d'analyses chimiques, les mois n'ont donc pas la même probabilité d'être définis comme à risque, car certains mois, certaines zones, sont très suivies tandis que d'autres le sont beaucoup moins.

Les zones qui font l'objet de forts suivis sont des zones pour lesquelles des dépassements du seuil d'alerte phytoplanctonique et/ou de la limite réglementaire en toxines dans les coquillages sont régulièrement observés. La difficulté va être de prédire des événements moins fréquents, rares ou très variables d'une année sur l'autre.

Presque 55% des données sont inférieures à la limite de quantification. Dans l'étude des possibilités d'amélioration, il conviendra de prendre en compte ces données. Il faut aussi noter le très fort écart entre les valeurs minimales et maximales mesurées dans les coquillages (3-37296 µg eq AO/kg de chair totale). **La limite réglementaire est de 160 µg eq AO/kg de chair totale.**

Tableau 1 : Descriptif des données agrégées de 2010 à 2013

Critères descriptifs	Résultats
Nombre de zones	77
Nombre total d'analyses	5 434
Maximum observé	37 296 µg eq. AO/kg chair totale
Minimum observé	3 µg eq. AO/kg chair totale
Nombre de données censurées	2 962 (54,5%)
Minimum LOQ (limite de quantification)	3 µg eq. AO/kg chair totale
Moyenne LOQ	6 µg eq. AO/kg chair totale
Maximum LOQ	40 µg eq. AO/kg chair totale
Quantiles des données non censurées	Concentrations en µg eq. AO/kg chair totale
1%	11
2,5%	14
10%	24
25%	41
50%	82
75%	186
90%	457
97,5%	1 452
99%	2 946
« Zone x mois »	
1 seule donnée/4 ans	4 zones (1 zone avec 1 donnée non censurée, 3 zones avec 1 donnée censurée)
2 données/4 ans	2 zones (1 zone avec 1 donnée non censurée, 1 zone avec 1 donnée censurée)
que des données censurées/4 ans	2 zones
au maximum 1 donnée non censurée/mois/4 ans	10 zones
Nombre de « zones x mois » pour lesquels aucune donnée sur 4 ans	365 sur 924 combinaisons (77 zones x 12 mois) soit 39,5% de données manquantes
Nombre de « zones x mois » pour lesquels toutes les données sont censurées	233 sur 924 combinaisons (77 zones x 12 mois) soit 25,2% des cas mais qui peuvent être pris en compte dans l'analyse
Nombre de « zones x mois » pour lesquels 1 seule donnée est non censurée	22 sur 924 combinaisons (77 zones x 12 mois), soit 2,4% des cas qui sont impossible à prendre en compte dans l'analyse

Les données non-censurées transformées en log10 suivent approximativement une distribution Normale (figure 1). Les données inférieures à 1 (à 10 en valeur non transformée) sont dans la plupart des cas des données censurées.

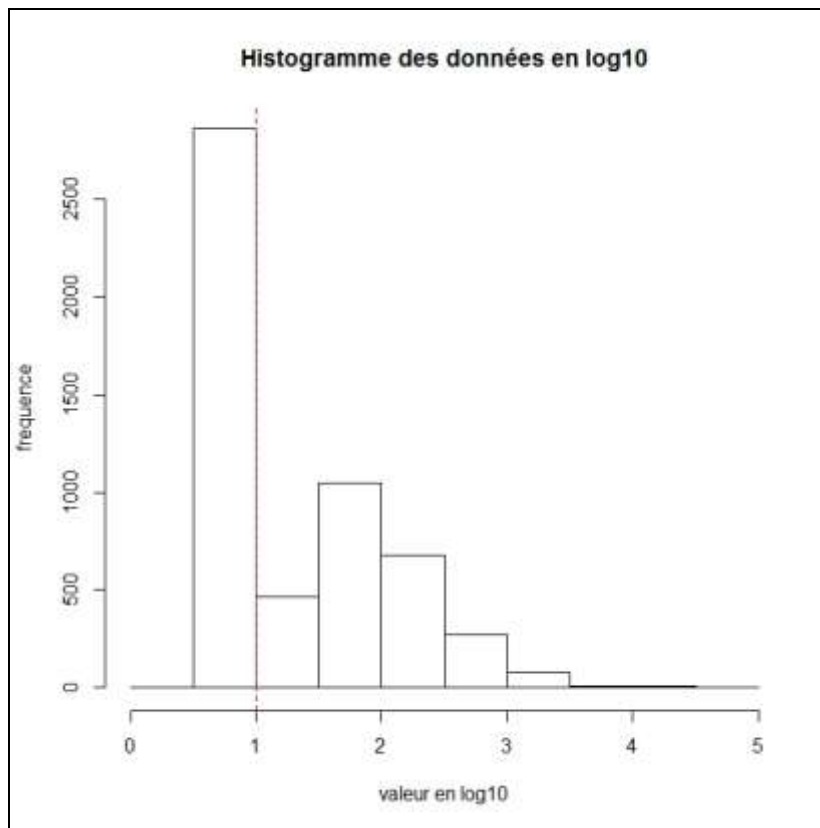


Figure 1 : Distribution des concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages (échelle semi-logarithmique)

3.2.2 Données par zone marine

3.2.2.1 Répartition temporelle

Les figures 2 et 3 présentent pour quelques zones la répartition temporelle des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages au cours de l'année, pour les années 2010 à 2013 cumulées, à titre d'exemple de la diversité des situations rencontrées.

Le numéro au-dessus du graphique correspond au numéro de la zone. La correspondance entre le numéro et le libellé de la zone est donnée en annexe, dans le tableau 14. Les couleurs correspondent à l'année d'observation des données : rouge pour 2010, bleu pour 2011, vert pour 2012 et noir pour 2013. Afin que les données censurées apparaissent sur les graphiques, la valeur de la limite de quantification correspondante leur a été attribuée.

L'échelle de l'axe des ordonnées est en log10 de la concentration en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX), la limite réglementaire de **160 µg/kg correspond à une valeur de 2,2 sur l'axe des ordonnées** (représentée par la ligne pointillée rouge).

L'axe des abscisses correspond au jour de l'année où le prélèvement a été effectué pour analyse (de 0 à 365).

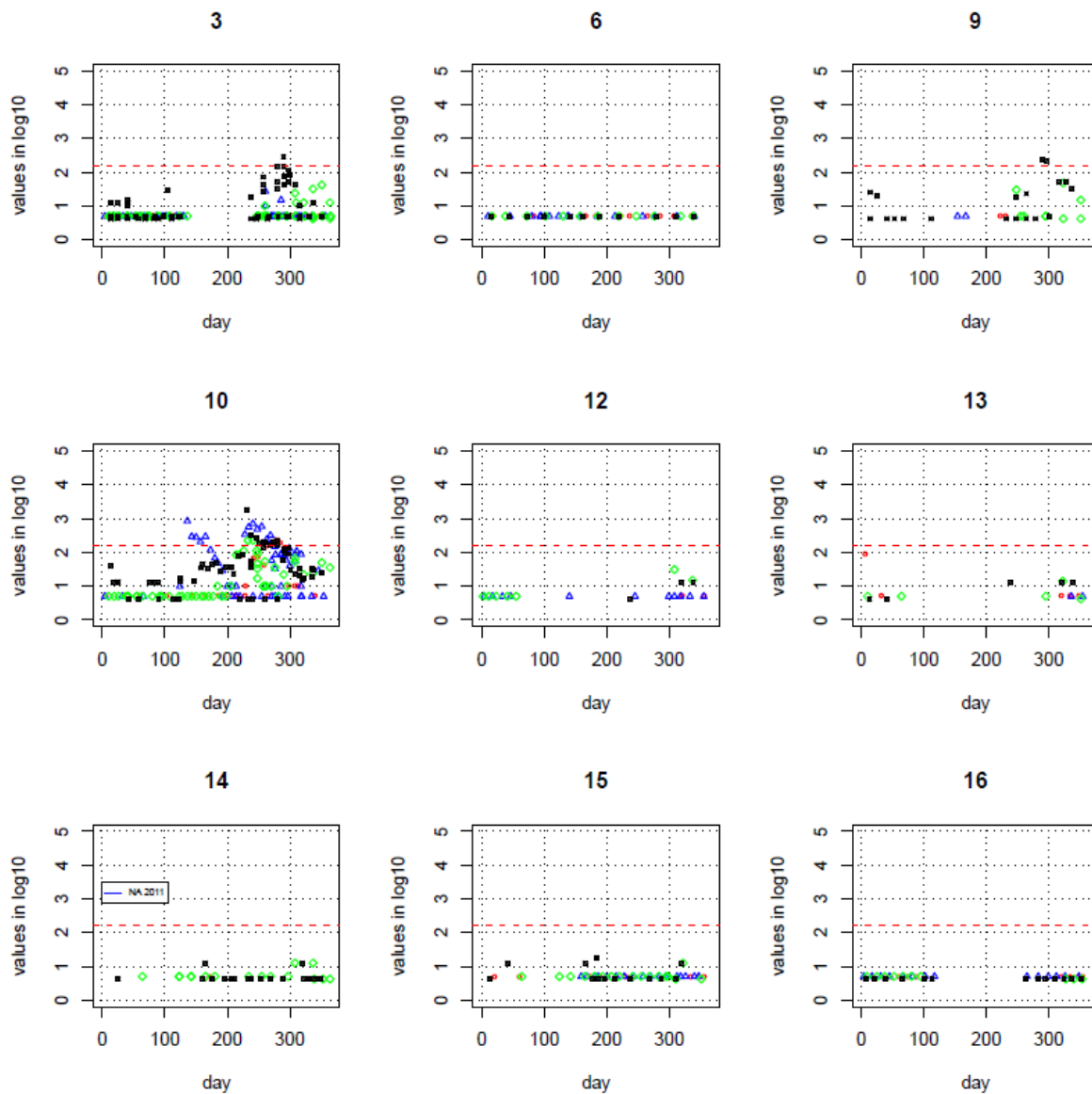


Figure 2 : Exemple de répartition au cours de l'année des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages, pour les années 2010 à 2013 cumulées, par zone marine

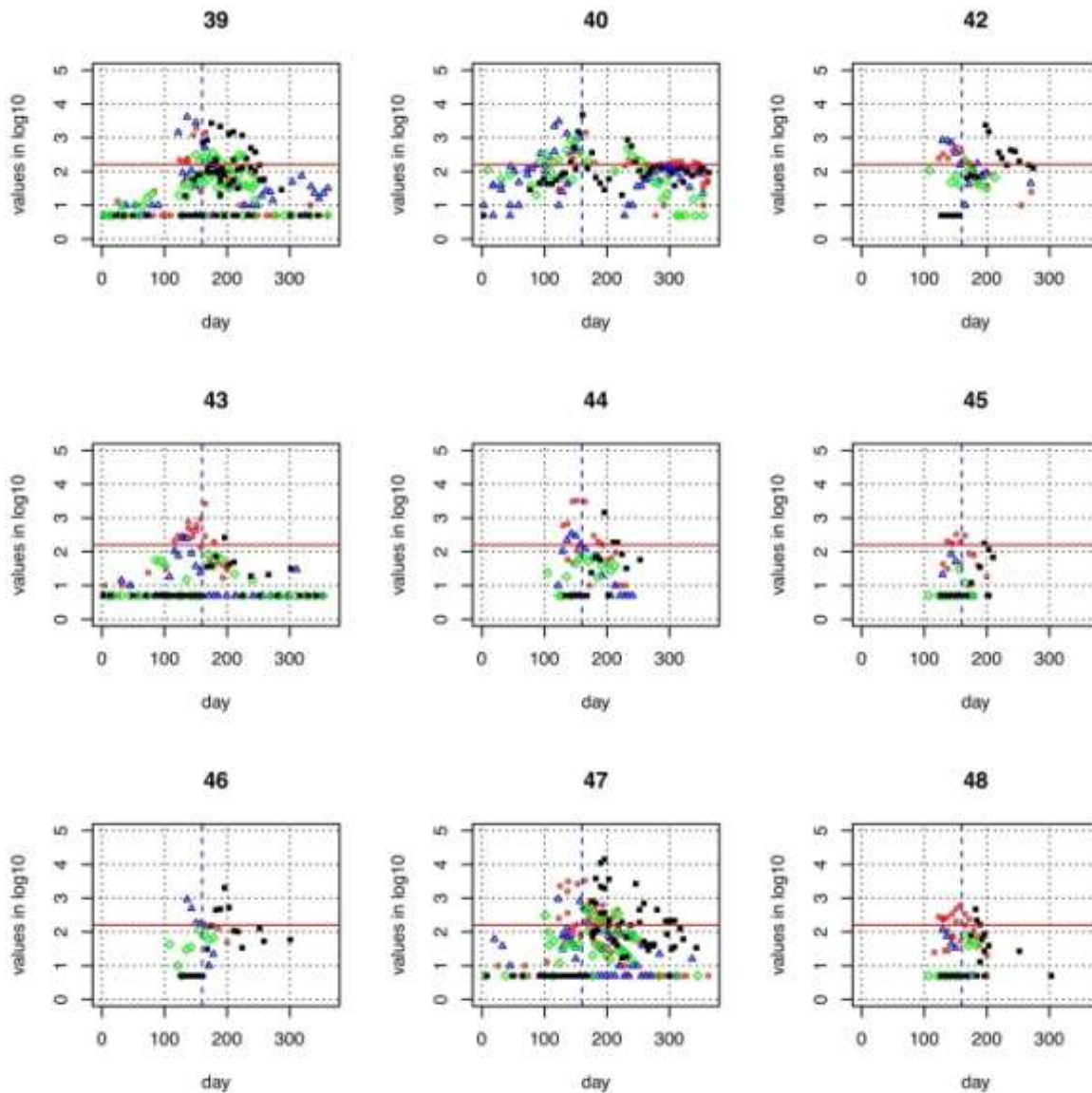


Figure 3 : Exemple de répartition au cours de l'année des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages, pour les années 2010 à 2013 cumulées, par zone marine

Les exemples illustrés dans les figures 2 et 3 augurent des difficultés à trouver une procédure uniforme pour traiter de la même manière les zones concernées et définir des périodes à risque sur un socle commun entre zones et mois concernés. Le descriptif des données par zone est donné dans le tableau 15 en annexe. La couverture en termes de nombre d'analyses est très variable d'une zone et d'un mois à l'autre.

3.2.2.2 Répartition spatiale

Les figures 4, 5 et 6 montrent la répartition spatiale des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages, selon les grands sites métropolitains de production conchylicole.

Globalement, sur le littoral Atlantique, la plupart des gros sites conchylicoles recensés présentent peu de mois sans donnée. La Baie de Bourgneuf, en Vendée, présente cependant un suivi assez faible comparé aux autres sites de production. Pour les sites bretons, la répartition de la production est plus difficile à évaluer. Le suivi est hétérogène d'une zone côtière à l'autre en Bretagne nord, moins en Bretagne sud. En Normandie, le nombre de mois sans suivi en 4 ans est généralement inférieur à 5. L'embouchure d'Arcachon, comme la majeure partie de Marennes Oléron est bien représentée. Comme l'embouchure du bassin jouerait un rôle sentinelle pour ce qui se passe à l'intérieur du bassin, on peut considérer que le bassin d'Arcachon est bien régulièrement suivi.

Pour la région Méditerranée, les étangs de Thau, de Leucate et les étangs palavasiens font l'objet d'un suivi régulier par analyse chimique. Enfin les étangs corses font l'objet d'un suivi régulier.

Puisque la définition des périodes à risque ne repose que sur les résultats de l'analyse chimique, **il serait approprié de disposer d'un jeu de données régulier, mensuel ou bimensuel, a minima sur les zones importantes de production et pour les coquillages concernés, sur plusieurs années.** Si les historiques de ces données sur plusieurs années montrent l'absence de risque ou un risque très faible de dépasser la limite réglementaire, il serait plus facile de justifier un suivi allégé par la suite, comme le recommande la réglementation européenne.

Il faut rappeler que pour ce groupe de toxines, le phytoplancton n'est pas reconnu comme un indicateur suffisant (Belin et Amzil, 2010).

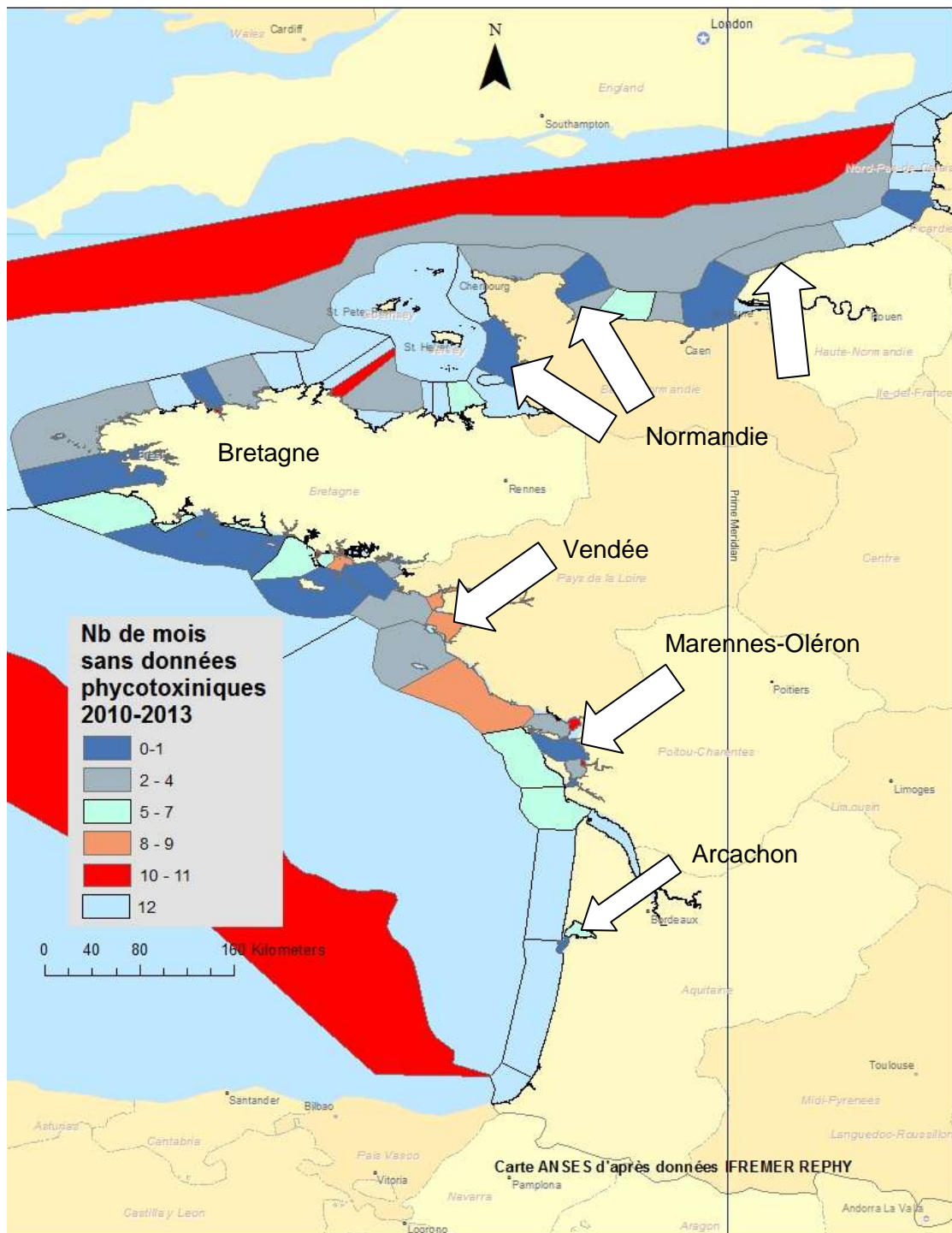


Figure 4 : Répartition spatiale des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages, sur le littoral Atlantique

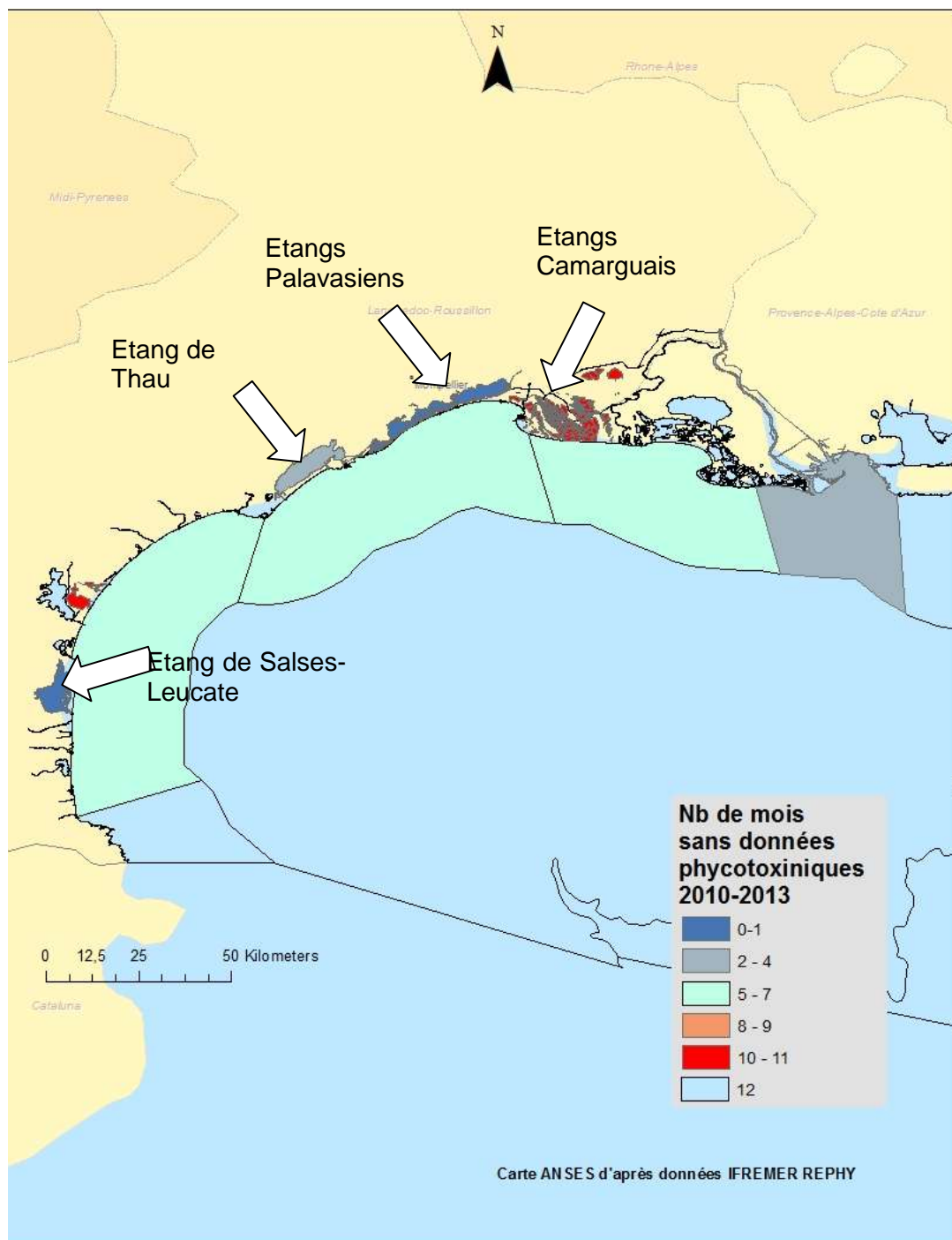


Figure 5 : Répartition spatiale des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages en Méditerranée

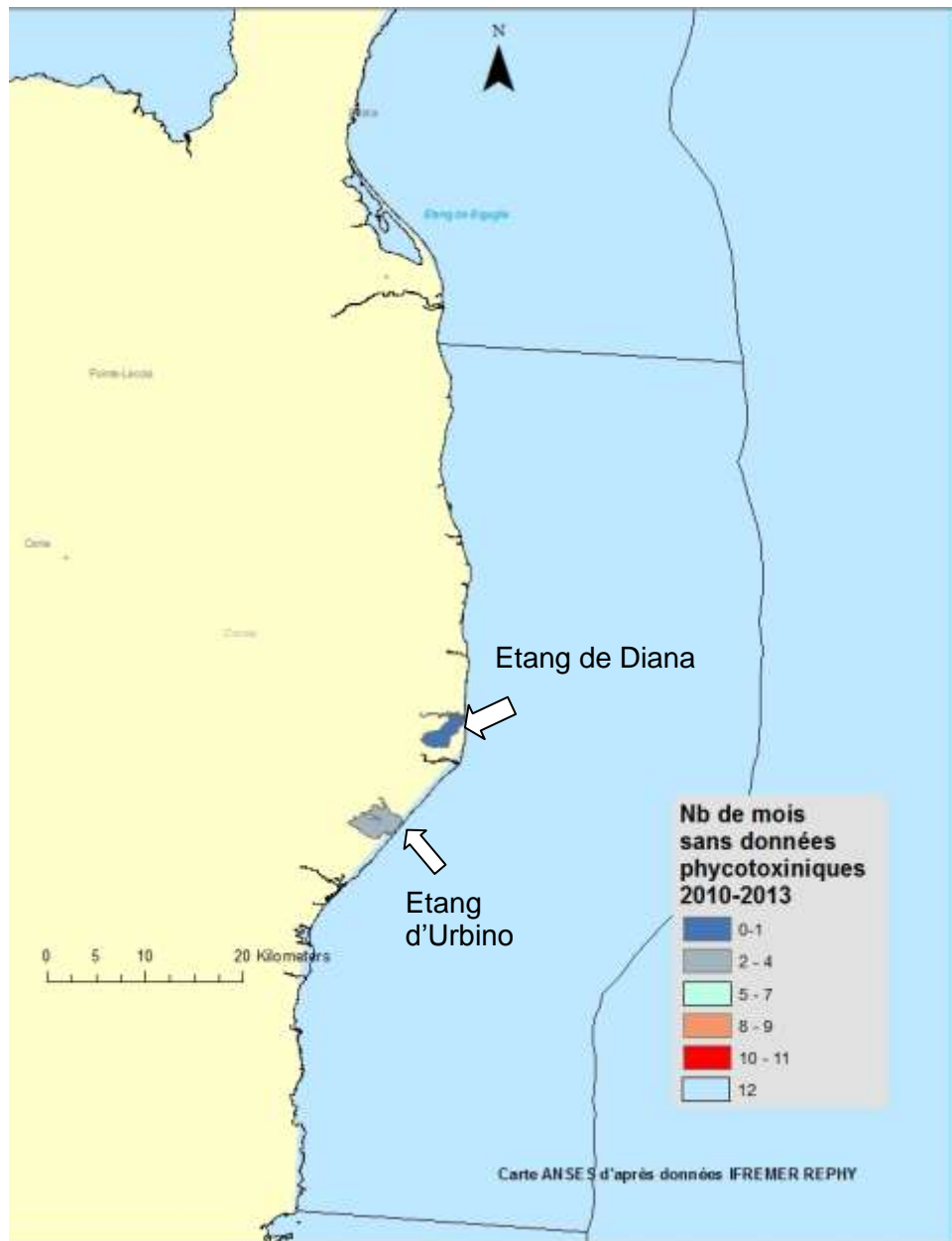


Figure 6 : Répartition spatiale des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages en Corse

4 Evaluation des performances des modalités actuelles de définition des périodes et des zones à risque

4.1 Définition des périodes et des zones à risque pour 2013

Le tableau 2 présente le descriptif des données de 2010, 2011 et 2012 qui ont servi de base à la définition des périodes et des zones à risque pour l'année 2013. Le nombre de données disponibles zone par zone est donné dans le tableau 16 en annexe.

Tableau 2 : Descriptif des données de 2010, 2011 et 2012 qui ont servi de base à la définition des périodes et des zones à risque pour l'année 2013

Critères descriptifs	Résultats
Nombre de zones avec des données en 2010, 2011, 2012	75*
Nombre total d'analyses	3939
Minimum observé (plus faible LOQ)	3 µg eq AO/kg chair totale
Maximum observé	37 296 µg eq AO/kg chair totale
Nombre de données censurées	2 176 (55%)
Zones pour lesquelles aucun mois ne peut faire l'objet d'un ajustement :	
1 seule donnée /3 ans	3 zones (dont 1 non censurée, 2 censurées)
2 données/3 ans	1 zone (non censurées)
que des données censurées/3 ans	2 zones
au maximum 1 donnée non censurée/mois/3ans	12 zones
Zones pour lesquelles au moins un mois peut faire l'objet d'un ajustement	57
Nombre de « zones x mois » : aucune donnée	393 sur 900 combinaisons (soit 44% des cas)
Nombre de « zones x mois » : toutes les données sont censurées	234 sur 900 combinaisons (soit 26% des cas)
Nombre de « zones x mois » : une seule donnée non censurée (impossible de les prendre en compte dans l'analyse)	21 sur 900 combinaisons

* le nombre total de zones pour 2013 est de 77

Les périodes à risque pour années 2013 établies par l'Ifremer sont conformes à celles recalculées par l'Anses dans le cadre de cette analyse.

Dans le tableau 3, les périodes à risque pour l'année 2013 sont représentés par le chiffre 1 pour le mois correspondant. Les périodes ne sont pas à risque, soit parce que les données de 2010-2012 n'indiquent pas de dépassement de la limite réglementaire (noté par le chiffre zéro dans le tableau), soit par absence de donnée collectée entre 2010-2012 (noté ND dans le tableau). **Sur les 77 zones établies par l'Ifremer pour l'année 2013, il y a 417 ND pour 924 possibilités, soit 45% d'absence de données pour définir si la période est à risque ou non.** Ce manque de données pourrait être modulé par la prise en compte des périodes de récolte dans le cas des coquillages pêchés au large (coquilles Saint-Jacques par exemple), mais cette information ne figure pas dans les données transmises à l'Anses.

Dans la suite de cette partie, les périodes notées ND seront considérées comme non à risque, comme cela est le cas actuellement.

Tableau 3 : Périodes à risque définies pour chaque zone pour l'année 2013

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	0	0	0	0	0	ND	ND	ND	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	ND	ND	ND	ND	ND	0	ND	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
12	0	0	ND	ND	0	ND	ND	ND	0	0	0	0
13	0	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	0	0
14	ND	ND	0	ND	0	0	ND	0	0	0	0	0
15	0	ND	0	ND	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND	0	ND	0	0
24	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND	0	0	0	0
26	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
32	ND	ND	ND	0	1	0	0	0	1	1	0	ND
33	0	0	0	0	ND	0	ND	ND	0	0	0	0
34	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
37	ND	ND	0	1	1	ND	ND	0	0	ND	0	0
38	0	0	ND	1	1	1	0	1	1	1	1	0
39	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
40	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
42	ND	ND	ND	0	1	1	1	ND	0	ND	ND	ND
43	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
44	ND	ND	ND	0	1	1	1	0	ND	ND	ND	ND
45	ND	ND	ND	0	1	1	0	ND	ND	ND	ND	ND
46	ND	ND	ND	0	1	1	0	ND	ND	ND	ND	ND
47	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
48	ND	ND	ND	0	1	1	0	ND	ND	ND	ND	ND
49	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
50	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
51	ND	ND	ND	ND	1	1	1	ND	ND	ND	ND	ND
52	ND	ND	ND	ND	1	1	ND	0	0	ND	ND	ND
53	ND	ND	ND	0	1	1	0	0	0	0	ND	ND
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	ND	ND	ND	ND	0	0	0	ND	ND	ND	0	ND
56	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND
57	ND	ND	ND	ND	0	0	ND	ND	ND	0	ND	ND
58	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	0	ND
59	ND	ND	ND	ND	0	0	ND	ND	ND	0	ND	ND
60	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
62	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
63	ND	ND	ND	0	1	1	1	0	ND	0	0	ND
64	ND	ND	ND	ND	0	0	0	ND	ND	ND	ND	ND
65	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
66	ND	ND	ND	ND	1	1	1	ND	ND	ND	ND	ND
67	ND	ND	ND	ND	1	1	0	ND	ND	ND	ND	ND
68	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
69	0	0	0	ND	0	1	0	0	ND	ND	ND	0
70	ND	ND	ND	ND	0	ND	0	ND	ND	ND	ND	ND
71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	0
72	ND	ND	0	0	1	1	0	0	0	0	ND	ND
74	ND	ND	ND	0	0	ND	ND	0	ND	ND	ND	ND
75	ND	ND	ND	0	1	1	0	ND	0	0	0	ND
76	0	0	ND	ND	0	0	0	0	0	0	0	0
77	ND	ND	ND	ND	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
79	0	0	ND	0	1	1	0	0	0	0	0	0
80	0	0	ND	0	1	0	ND	0	0	0	0	0
81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND	ND
82	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
83	ND	ND	ND	ND	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
84	ND	ND	ND	0	1	1	0	ND	0	0	ND	ND
87	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
88	ND	0	ND	1	1	1	0	0	0	ND	ND	ND
90	ND	ND	0	1	0	ND	0	ND	ND	ND	ND	ND
92	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND	ND	ND
95	ND	ND	ND	0	0	ND	0	0	ND	ND	ND	ND
97	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0
101	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
102	ND	ND	ND	ND	0	0	0	ND	ND	ND	ND	ND
104	ND	ND	0	ND	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND
105	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
106	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	0	0	0	ND	ND
107	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
109	ND	ND	ND	0	0	0	0	0	0	0	0	ND
112	0	0	0	0	ND	0	0	0	ND	0	ND	0
118	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	0	0	0	0	0	0	ND	0	0	ND	ND	ND

chiffre 1 : période à risque ; chiffre 0 : période non à risque car pas de dépassement de la limite réglementaire en 2010-2012 ; ND pas de donnée collectée entre 2010-2012.

Du point de vue biologique, il semble difficilement explicable et justifiable qu'un mois isolé soit défini non à risque entre 2 périodes définies à risque (par exemple, zones 10, 38 et 40).

Au total en 2013, 102 « zones x mois » ont été définis comme à risque.

4.2 Efficacité des modalités actuelles de définition des périodes et des zones à risque au vu des résultats obtenus en 2013

Dans le tableau 4 figure le résultat de la comparaison entre la prédiction (période à risque/non à risque) et les résultats obtenus en 2013. La correspondance entre le code et le libellé de la zone marine est donnée dans le tableau 14 en annexe.

Les NA correspondent à l'absence de donnée en 2013. En rouge (valeur 2), une valeur supérieure à la limite réglementaire (160 µg/kg) a été détectée en 2013, mais la période n'avait pas été prédite comme à risque pour 2013. Cette situation, pour laquelle un risque existe pour le consommateur, a pu être détectée par le suivi du phytoplancton.

La valeur zéro du tableau correspond à un « zone x mois » classé comme non à risque, sur la base de valeurs observées entre 2010-2012 (ou dans le cas, moins évident à justifier, d'absence de donnée), et où en 2013 il n'a pas été observé de valeur supérieure à la limite réglementaire.

En vert (valeur 3) les mois, dans les zones concernées, classés à risque et pour lesquels un dépassement a été observé en 2013.

Les valeurs -1, correspondent à des « zones x mois » classés comme période à risque mais pour lesquels il n'y a pas eu d'analyse chimique en 2013.

Les valeurs 1 (en bleu) correspondent à des couples « zones x mois » classés comme périodes à risque, mais pour lesquels il n'y a pas eu de dépassement la limite réglementaire en 2013. Ces points représentent un coût qu'il faudra rechercher à limiter lors de la phase d'amélioration.

Tableau 4 : Comparaison entre la prédiction (période à risque/non à risque) et les résultats obtenus en 2013

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	0	0	0	0	0	NA	NA	0	0	2	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	0	0	0
9	0	0	0	0	NA	NA	NA	0	0	2	0	0
10	0	0	0	0	1	1	0	3	3	3	0	0
12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	0	0
13	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	0	0
14	0	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	NA	NA	NA	0	0	0	0	0	0	NA
16	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0
24	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	NA	NA	NA	0	1	0	0	0	1	1	0	NA
33	0	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0	0	0	0
34	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA
37	NA	NA	0	1	-1	NA	0	0	NA	NA	NA	NA
38	0	0	0	1	1	3	0	3	3	1	1	0
39	0	0	0	NA	1	3	3	3	2	0	0	0
40	0	NA	0	1	3	3	0	3	3	1	1	1
42	NA	NA	NA	NA	1	1	3	2	2	0	NA	NA
43	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0
44	NA	NA	NA	NA	1	1	3	2	0	NA	NA	NA
45	NA	NA	NA	NA	1	1	2	NA	NA	NA	NA	NA
46	NA	NA	NA	NA	1	1	2	0	0	0	NA	NA
47	0	0	0	1	1	3	3	3	2	2	2	0
48	NA	NA	NA	NA	1	1	2	NA	0	0	NA	NA
49	0	0	0	1	1	3	3	0	0	2	0	NA
50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	0	NA	NA
51	NA	NA	NA	NA	1	1	3	NA	NA	0	NA	NA
52	NA	0	NA	NA	-1	-1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
53	NA	NA	NA	NA	1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
54	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
55	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	0	NA	NA
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	-1	NA	NA	NA	0	0	0	0
63	NA	NA	0	NA	1	3	3	0	2	0	0	NA
64	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
65	0	0	0	0	1	3	2	0	2	0	0	0
66	NA	NA	NA	NA	1	3	3	0	0	0	NA	NA
67	NA	NA	NA	NA	1	3	2	0	NA	0	NA	NA
68	0	0	NA	NA	1	1	1	0	NA	NA	NA	NA
69	NA	NA	NA	NA	0	1	0	NA	NA	NA	NA	NA
70	NA	NA	NA	NA	0	0	0	NA	NA	NA	NA	NA
71	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
72	NA	NA	0	0	1	1	0	0	0	0	NA	NA
74	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA
75	NA	NA	NA	0	1	1	NA	NA	0	NA	NA	NA
76	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	0	0	NA	0	1	1	NA	NA	0	0	0	0
80	NA	NA	NA	0	1	0	NA	NA	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	NA	NA	NA	0	1	1	NA	NA	0	NA	NA	NA
87	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
88	NA	NA	NA	1	1	1	0	NA	0	NA	NA	NA
90	NA	NA	NA	1	0	0	NA	NA	0	NA	NA	NA
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	NA	NA	NA	NA	NA	2	2	0	NA	0	NA	NA
97	3	3	3	2	2	2	0	0	0	2	3	3
99	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA
101	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	0	NA	NA
102	NA	NA	NA	NA	NA	2	2	0	NA	2	NA	NA
104	NA	NA	NA	0	0	0	0	NA	0	0	NA	NA
105	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
106	NA	NA	NA	NA	NA	2	0	0	NA	NA	NA	NA
107	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
109	NA	NA	NA	NA	0	2	2	0	0	0	0	NA
112	NA	0	NA	NA	NA	0	0	0	NA	NA	NA	NA
118	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0

NA : pas de donnée en 2013 ; 0 : « zone x mois » classé non à risque et pas de valeur supérieure à la limite réglementaire (160 µg/kg) en 2013 ; 1 : « zone x mois » classé à risque mais pas de valeur supérieure à la limite réglementaire en 2013 ; 2 : « zone x mois » classé non à risque mais valeur supérieure à la limite réglementaire en 2013 ; 3 : « zone x mois » classé à risque et valeur supérieure à la limite réglementaire en 2013 ; -1 : « zone x mois » classé à risque mais pas d'analyse chimique en 2013.

L'analyse globale révèle :

- ▶ **33 Vrais positifs (VP)** prédits et trouvés comme « zone x mois » à risque (3 en vert dans tableau) ;
- ▶ **65 Faux positifs (FP)** prédits comme « zone x mois » à risque mais pas de dépassement de la limite réglementaire (1, en bleu dans tableau) ;
- ▶ **32 Faux négatifs (FN)** prédits comme « zone x mois » non à risque mais trouvés en situation de dépassement de la limite réglementaire en 2013 (suivi phytoplanctonique) (2 en rouge dans tableau) ;
- ▶ **415 Vrais négatifs (VN)** prédits et trouvés comme « zone x mois » non à risque (0 dans tableau).

Les paramètres d'efficacité du système actuel peuvent être définis par :

- ▶ **Sensibilité** : $VP/(VP+FN) = 51\%$, c'est la capacité (probabilité) du dispositif à prédire à bon escient que le couple « zone x mois » soit à risque ;
- ▶ **Spécificité** : $VN/(VN+FP) = 86\%$, c'est la capacité (probabilité) du dispositif à prédire à bon escient que le couple « zone x mois » ne soit à pas risque .

De la même façon que précédemment, certains « zones x mois » ne présentaient pas de donnée en 2013. Les performances du système ne sont pas évaluables sur ces « zones x mois » qui représentent 40% de l'ensemble des « zones x mois » potentiels sur les 4 années. Il convient de noter que certaines définitions de zones non à risque reposent sur l'absence de donnée entre 2010-2012 et non sur l'absence de dépassement de la limite réglementaire. L'absence de donnée peut jouer sur l'estimation des performances réelles du système.

4.3 Prévision pour 2014

Le nombre total de « zones x mois » à risque définis selon le mode de calcul actuel est de 113 pour 2014 (il était de 102 en 2013), le détail par zone et par mois est donné dans le tableau 5.

Tableau 5 : Périodes à risque définies pour chaque zone pour l'année 2014 (système actuel)

Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
39	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
40	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
42	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
43	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
47	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
48	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
66	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
87	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
97	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
106	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.4 Conclusion

Les performances des modalités actuelles de définition des zones et périodes risque sont récapitulées dans le tableau 6.

Ces performances sont des performances « apparentes », car les données manquantes ne peuvent pas être prises en compte dans ces estimations. Par exemple, entre 2010 et 2012, 44% des « zones x mois » n'ont pas donné lieu à des analyses chimiques. Par défaut, en absence d'analyse chimique, un couple « zone x mois » est défini comme étant non à risque.

La sensibilité est de l'ordre de 51%. C'est-à-dire que dans 51% des cas, la détection d'une valeur supérieure à la limite réglementaire résulte soit de la surveillance par le phytoplancton, soit de la surveillance d'un point de référence présent dans la zone concernée (au nombre de 11 sur l'ensemble du littoral métropolitain). Il est possible, si le phytoplancton est un indicateur tardif, que d'autres situations de dépassement aient pu ne pas être mises en évidence, faute d'analyse.

Les deux pistes d'amélioration sont donc les suivantes :

- ▶ diminuer le nombre de faux positifs
- ▶ diminuer le nombre de faux négatifs.

Tableau 6 : Récapitulatif des performances des modalités actuelles de définition des zones et périodes à risque

Paramètres	Estimation des performances du système actuel
Sensibilité	50,8 %
Spécificité	86,4 %
Nombre de « zones x mois » à risque	pour 2013 : 102 pour 2014 : 113

5 Alternatives au système actuel de définition des périodes et des zones à risque et performances associées

5.1 Méthode proposée

La diversité de la répartition temporelle des données de concentrations en phycotoxines lipophiles (AO+DTX+PTX) dans les coquillages au cours de l'année (illustrée par quelques exemples dans les figures 2 et 3) ainsi que la répartition inégale dans le temps pour un même site ne permettent pas de réaliser une analyse par séries temporelles. D'un site à l'autre le nombre de données disponibles est très variable, peu d'entre eux permettraient une approche de type GAM (Generalized Additive Models). La méthode la plus simple et qui peut s'appliquer au plus grand nombre de situations revient à partitionner mensuellement le jeu de données pour une zone donnée. La partition mensuelle était aussi le choix pour la définition des zones et périodes à risque de 2009 et antérieurement. Pour chacun de ces jeux de données, l'ajustement choisi est une distribution de type Lognormale. Les données sont transformées en log10 puis ajustées selon une loi Normale.

5.1.1 Estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire pour chaque « zone x mois » pour lesquels des données sont disponibles (au moins une donnée non censurée)

Deux approches d'estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire sont proposées, l'une par le **maximum de vraisemblance**, l'autre par **inférence bayésienne**. Dans les deux cas, l'information apportée par les données censurées concerne la fonction de répartition. Cette information est utilisée conjointement aux valeurs des données non

censurées, pour une estimation de la moyenne et de la variance de la distribution recherchée pour le couple « zone x mois » considéré.

A partir de l'estimation des paramètres d'une loi Normale (moyenne et variance), il est possible d'estimer pour cette loi Normale la probabilité de dépassement d'une valeur donnée, en utilisant sa fonction de répartition. Cette fonction de répartition permet d'estimer les probabilités de dépassement d'une valeur seuil donnée. A partir des données disponibles, il est donc possible d'estimer dans un premier temps la moyenne et la variance, puis la probabilité de dépassement de la limite réglementaire de 160 µg eq AO/kg de chair de coquillage.

L'approche par le maximum de vraisemblance permet d'estimer une valeur ponctuelle, la plus probable, à partir du jeu de données. L'estimation est réalisée avec le logiciel R version 3.03 et le package R fitdistrplus pour l'estimation des paramètres d'une distribution à partir de données censurées (Delignette-Muller *et al.*, 2014).

L'approche par inférence bayésienne permet de tenir compte de l'incertitude sur l'estimation des paramètres, par exemple celle liée au faible nombre de données disponibles. Ainsi, il est possible d'estimer l'incertitude sur l'estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire. On obtient une distribution sur laquelle on peut calculer des quantiles. Il est d'usage de s'intéresser aux 97,5^{ème}, 90^{ème}, 75^{ème} et 50^{ème} percentiles. L'estimation est réalisée avec le logiciel JAGS et le logiciel R version R 3.03 pour l'interface (Delignette-Muller *et al.*, 2014). L'utilisation d'une approche bayésienne pour estimer les paramètres d'une loi de distribution à partir de données censurées, en utilisant JAGS, a déjà été publiée (Busschaert *et al.*, 2011). **L'avantage de cette approche (comparée à celle du maximum de vraisemblance) est qu'elle permet de traiter les situations dans lesquelles toutes les données sont censurées ainsi que celles où une seule donnée est disponible.** L'inférence s'appuie en effet sur les données mais aussi sur un *a priori* sur la distribution recherchée. Dans le cas présent, l'*a priori* a été choisi pour ne pas trop influencer sur le résultat quand des données étaient présentes.

Critères de qualité :

- Pour l'approche par le maximum de vraisemblance, le nombre de données non censurées doit être au minimum de 1 dans le jeu de données disponibles pour un « zone x mois » donné et le nombre de données au minimum de 2, la deuxième pouvant être censurée.
- Vu le jeu de données et la faible puissance des tests vérifiant la qualité de l'ajustement d'une loi de distribution sur les données, tous les résultats d'ajustement obtenus par le maximum de vraisemblance pour une loi lognormale ont été considérés valides.
- Pour l'approche bayésienne, les estimations sont considérées comme valides si d'une part, le test de Gelman et Rubin confirme que la convergence est atteinte sur 3 chaînes pour la probabilité de dépassement (valeurs supérieures à 0,95 et au maximum de 1,05) et si d'autre part, les valeurs retenues pour l'estimation de la distribution de la probabilité de dépassement *a posteriori* sont absentes d'autocorrélation (ou avec une autocorrélation très faible). Les valeurs prises en compte ont été espacées de 50 itérations dans une même chaîne. La valeur de 50 a été retenue suite à une analyse préalable sur différents jeux de données. Au total, l'estimation des quantiles de la probabilité de dépassement est obtenue à partir d'une distribution de 9 000 valeurs indépendantes. Le « burnin » est de 50 000 (valeurs rejetées avant échantillonnage, avant atteinte de la convergence).
- Des distributions *a priori* (priors) ont été choisies pour les paramètres de moyenne et de variance, de manière peu informative :
 - o la moyenne suit une loi *a priori* (priors) qui suit une loi Normale de moyenne 0 et d'écart type 2 (correspondant à 2log10 d'erreur sur la moyenne) ;
 - o l'écart type suit une distribution Uniforme entre 0 et 3 (correspondant à 3log10 d'erreur sur l'écart type).

5.1.2 Définition des périodes à risque en fonction du niveau de risque acceptable de dépassement de la limite réglementaire

Une fois qu'a été déterminée la probabilité de dépassement de la limite réglementaire, il convient de définir le niveau de risque acceptable associé à ce dépassement (par exemple 5% ou 1%). Si la probabilité de dépassement dépasse le niveau de risque acceptable choisi, le couple « zone x mois » concerné devient une période à risque.

Il revient au gestionnaire du risque de définir le niveau de risque acceptable de dépassement de la limite réglementaire.

Ce choix peut s'appuyer sur plusieurs scénarios selon différentes valeurs du seuil de signification statistique « p », le nombre de périodes à risque qui en découlent et sur les performances des méthodes alternatives proposées, présentées dans les deux sections suivantes.

5.2 Performances de la méthode alternative par le maximum de vraisemblance

Les résultats détaillés des probabilités de dépassement de la limite réglementaire obtenues par le maximum de vraisemblance pour chaque « zone x mois » sont donnés dans les tableaux 17 et 18 en annexe. En cas d'absence d'estimation possible de la probabilité de dépassement (absence de donnée, données toutes censurées, moins de deux données ; représenté par NA dans les tableaux 17 et 18), la zone et le mois sont considérés, comme précédemment, comme non à risque.

Pour chaque seuil de signification statistique « p », la comparaison entre la prédiction pour 2013 et les résultats obtenus permet de définir les performances de la méthode (sensibilité et spécificité, figure 7) ainsi que le nombre de « zones x mois » classés à risque (figure 8). Les valeurs de sensibilité et de spécificité du système actuel sont représentées sous forme de lignes en pointillé, rouge pour la sensibilité, noire pour la spécificité.

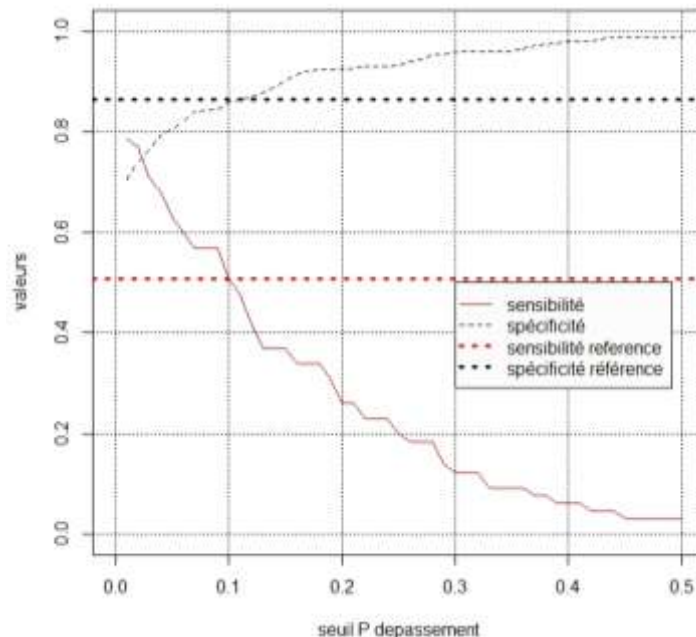


Figure 7 : Sensibilité et spécificité pour 2013, à partir de l'estimation de la probabilité de dépassement selon le maximum de vraisemblance sur les données de 2010-2012 et en fonction du seuil de signification statistique

Sur la base des résultats pour 2013 et pour un niveau risque acceptable de moins de 10% il semble donc possible d'améliorer la sensibilité du système de définition des périodes à risque. Cette amélioration de la sensibilité a un coût en termes de spécificité, qui diminue au fur et à

mesure que l'on gagne en sensibilité. Un certain nombre d'analyses auraient été faites, sans que la période ne présente de dépassement de la limite réglementaire.

Cette notion de coût correspondant au nombre de « zones x mois » à risque est illustrée dans la figure 8. Les performances du système actuel sont symbolisées par des carrés. A nombre de « zones x mois » à risque constant (102 en 2013), le système actuel de définition des périodes à risque est plus performant que le système alternatif basé sur le maximum de vraisemblance. Il faut passer à 116 analyses pour commencer à gagner en sensibilité (54%) ce qui correspond à un seuil de signification statistique « p » proche de 10%. Cette méthode permet d'atteindre une sensibilité allant jusqu'à 81% (correspondant à 257 « zones x mois » à risque et un seuil de signification statistique « p » proche de 1%).

L'amélioration des performances du système est donc possible par la méthode du maximum de vraisemblance mais nécessite d'augmenter le nombre « zones x mois » classés à risque.

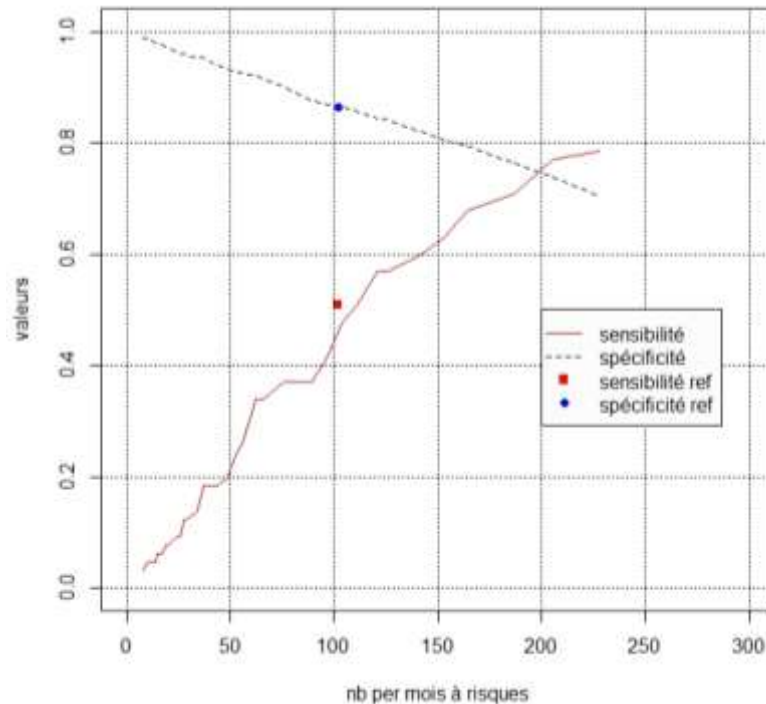


Figure 8 : Sensibilité et spécificité pour 2013, à partir de l'estimation de la probabilité de dépassement selon le maximum de vraisemblance sur les données de 2010-2012 et en fonction du nombre de « zones x mois » à risque

Avantage de la méthode du maximum de vraisemblance comparé au système actuel : les situations dans lesquelles aucune valeur d'analyse chimique ne dépasse la limite réglementaire (160 $\mu\text{g eq AO/kg}$) mais une ou plusieurs valeurs en sont proches (par exemple 150 $\mu\text{g eq AO/kg}$) peuvent entraîner une probabilité de dépassement non négligeable et donc le classement du couple « zone x mois » comme à risque, ce qui n'est pas le cas du système actuel que ne prend en compte que les situations de dépassement.

Inconvénient de la méthode du maximum de vraisemblance comparé au système actuel : une donnée isolée de dépassement de la limite réglementaire ne peut pas faire l'objet d'un ajustement (zone 62 en mai) et n'est donc pas prise en compte dans cette méthode.

5.3 Performances de la méthode alternative par inférence bayésienne

Les performances de l'inférence bayésienne issues de la comparaison entre la prédiction pour 2013 et les résultats obtenus sont présentées selon huit quantiles de distribution de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire (10, 20, 30, 40, 50 [médiane], 75, 90 et 97,5) dans la figure 9 en fonction du nombre de « zones x mois » à risque et dans la figure 10 en fonction du seuil de signification statistique (« p »).

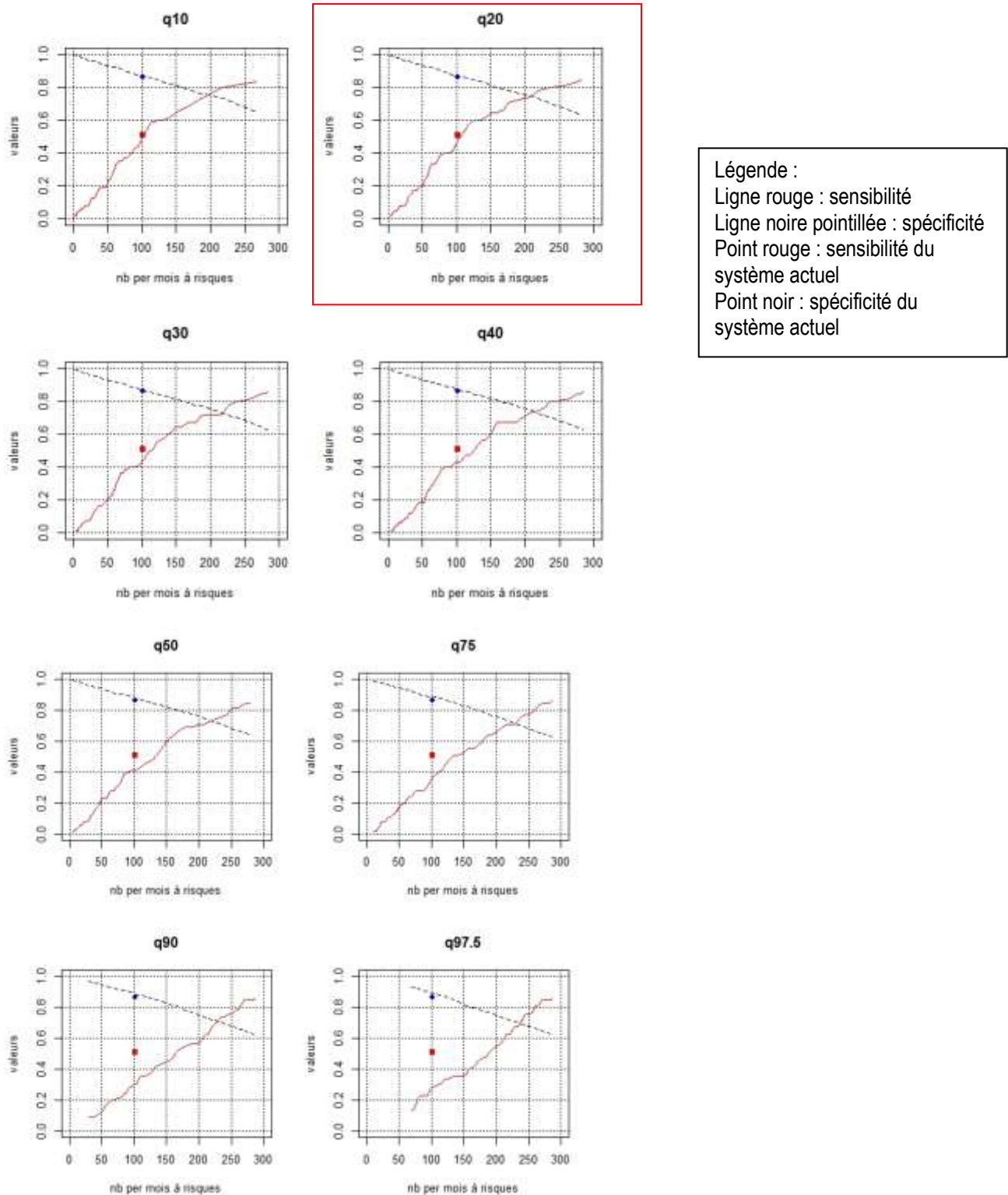


Figure 9 : Sensibilité et spécificité pour 2013 par inférence bayésienne sur les données de 2010-2012 en fonction du nombre de « zones x mois » à risque pour 8 quantiles

Avantage de la méthode par inférence bayésienne : comparé à l'approche par le maximum de vraisemblance, il est possible de traiter un plus grand nombre de situations (celles avec des données toutes censurées ou des valeurs uniques).

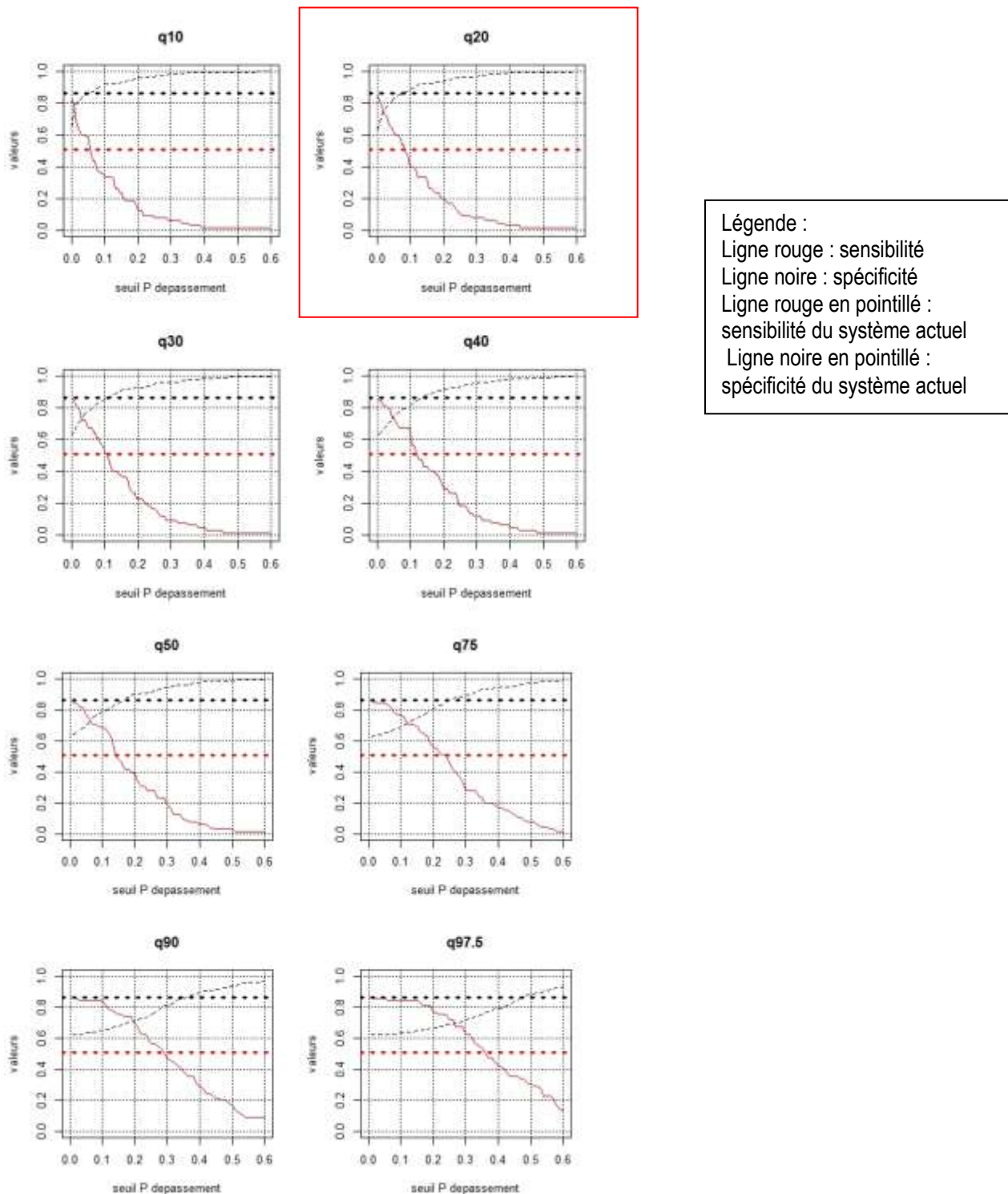


Figure 10 : Sensibilité et spécificité pour 2013 par inférence bayésienne sur les données de 2010-2012 en fonction du seuil de signification statistique pour 8 quantiles

Il apparaît que les quantiles 10 et 20 ont un meilleur pouvoir discriminant que les quantiles plus élevés. A nombre de « zones x mois » à risque constant (102 en 2013), les quantiles 10 et 20 ont des performances comparables au système actuel et légèrement supérieures à celles par le maximum de vraisemblance. Les quantiles proches de la médiane sont considérés comme plus robustes que des quantiles extrêmes. **Le quantile 20 est donc le meilleur compromis (coût-efficacité) sur la base des données disponibles pour améliorer la définition des périodes à risque.** Il est considéré comme la meilleure alternative possible au système actuel.

Les résultats détaillés par zone et par mois du quantile 20 des probabilités de dépassement de la limite réglementaire sont présentés dans les tableaux 19 et 20 en annexe. La figure 11 montre les performances du quantile 20 avec un zoom sur les seuils de signification statistique inférieurs à 10% et les possibilités d'amélioration du système de définition des périodes à risque.

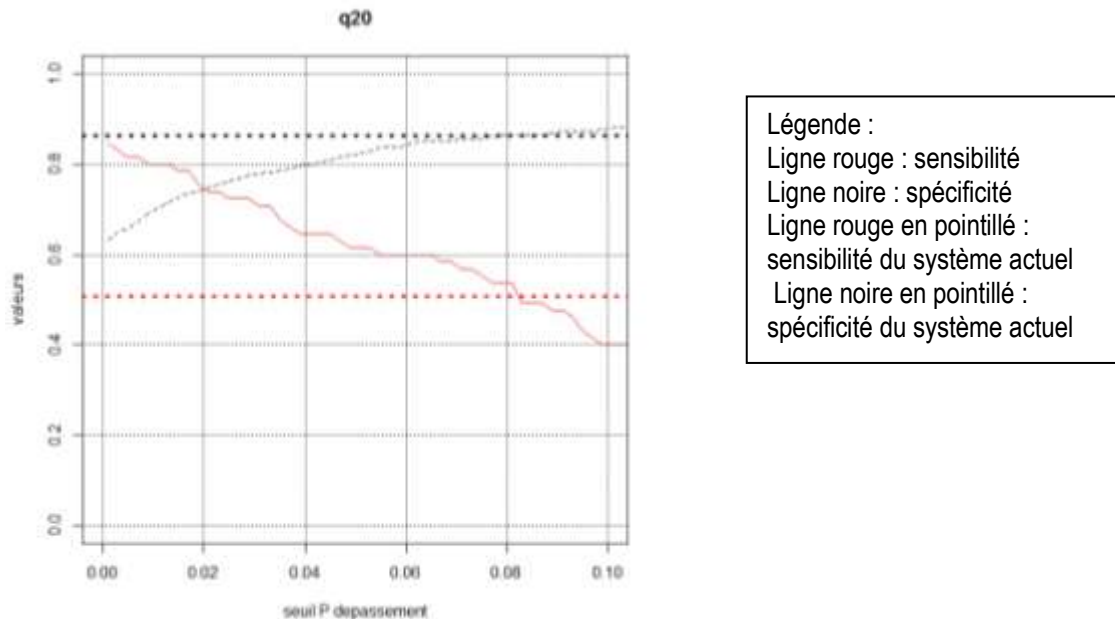


Figure 11 : Sensibilité et spécificité pour 2013 par inférence bayésienne sur les données de 2010-2012, pour le quantile 20 en fonction du seuil de signification statistique (< 10%)

Le tableau 7 permet une lecture facilitée pour le gestionnaire de risque du nombre de « zones x mois » à risque, de la sensibilité et de la spécificité de la méthode alternative selon le seuil de signification statistique.

Tableau 7 : Sensibilité et spécificité pour 2013 par inférence bayésienne sur les données de 2010-2012, pour le quantile 20 de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire en fonction du seuil de signification statistique

Sensibilité	Seuil « p »	Nombre de « zones x mois » à risque	Spécificité
0,85	0,10	282	0,63
0,85	0,20	275	0,65
0,83	0,30	271	0,65
0,82	0,70	257	0,67
0,80	1,40	226	0,72
0,78	1,70	217	0,74
0,77	1,80	214	0,74
0,75	2,00	210	0,74
0,74	2,30	199	0,75
0,72	2,90	179	0,78
0,71	3,40	173	0,78
0,68	3,50	170	0,79

Sensibilité	Seuil « p »	Nombre de « zones x mois » à risque	Spécificité
0,66	3,70	166	0,79
0,65	4,60	151	0,81
0,63	4,70	149	0,81
0,62	5,30	139	0,83
0,60	6,50	123	0,85
0,58	6,90	119	0,85
0,57	7,30	117	0,85
0,55	7,50	115	0,86
0,54	8,10	111	0,86
0,52	8,20	110	0,86

A titre d'exemple, sur la base des résultats du quantile 20 (tableau 19 et 20 en annexe) et du seuil de signification statistique de 2%, le tableau 8 illustre les performances de cette méthode alternative, toujours par comparaison entre la prédiction et les résultats obtenus en 2013. L'amélioration obtenue zone par zone et mois par mois apparaît en confrontant ce tableau avec le tableau 4 qui décrit les performances du système actuel. On peut noter ainsi une réduction du nombre de Faux Négatifs (en rouge).

Tableau 8 : Comparaison entre la prédiction (période à risque/non à risque) et les résultats obtenus en 2013 sur la base du quantile 20 et d'un seuil de signification statistique de 2%

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	1*	1*	1	1*	1*	NA	NA	1*	1	6	1	1
6	1	1*	1	1*	1	1	1	1	-1	1	1	1
9	1*	1*	1*	1*	NA	NA	NA	1	1	6	2	1
10	1	1	1	1	2	2	1	7	7	7	2	2
12	NA	NA	NA	NA	-1	NA	NA	1*	-1	-1	1	1
13	2	1	-1	NA	NA	NA	1*	NA	-1	1	1*	1*
14	1*	NA	-1	NA	-1	1	1*	1*	1	1	1	1
15	1	1*	-1	NA	NA	1*	1	1	1	1*	1*	NA
16	1	1	1*	1*	NA	NA	NA	NA	1	1*	1	1*
18	1	1*	1	1*	1	1*	1*	1*	1*	1	1*	1*
21	1*	1*	1*	1*	NA	NA	NA	NA	NA	-1	NA	1
24	1	1*	1*	1	NA	NA	NA	NA	1*	1	1	1*
26	1*	1*	1*	1*	1	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*
32	NA	NA	NA	1	2	1	1*	1	2	2	1	NA
33	1*	-1	-1	-1	NA	1	1*	1*	1	1	1*	1
34	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1*	NA	NA	NA	NA	NA
37	NA	NA	NA	2	0	NA	1*	1	0	NA	0	-1
38	1*	1	1*	2	2	7	2	7	7	2	2	1
39	1	1	1	-1	2	7	7	7	6	1	1	1
40	2	0	2	2	7	7	2	7	7	2	2	2
42	NA	NA	NA	0	2	2	6	3	7	1*	NA	NA
43	1	1	2	2	2	7	1	1*	1	1	1	1
44	NA	NA	NA	0	2	2	7	6	1*	NA	NA	NA
45	NA	NA	NA	NA	2	2	7	NA	NA	NA	NA	NA
46	NA	NA	NA	0	2	2	7	1*	1*	NA	NA	NA
47	2	1	1	2	2	7	7	7	6	6	1	1
48	NA	NA	NA	0	2	2	7	NA	1*	1*	NA	NA
49	1	1*	1	2	2	7	7	2	2	6	1	-1
50	NA	NA	NA	NA	0	NA	1*	NA	NA	1*	NA	NA
51	NA	NA	NA	NA	2	2	7	NA	NA	1*	NA	NA
52	NA	1*	NA	NA	0	0	NA	0	0	NA	NA	NA
53	NA	NA	NA	NA	2	2	0	NA	NA	NA	NA	NA
54	1*	1	1	1	2	7	7	1	2	2	2	1
55	NA	NA	NA	NA	-1	-1	-1	1*	NA	1*	-1	NA
56	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	1	1*	1*
57	1*	1*	1*	1*	2	1	1*	1*	1*	2	1*	1*
58	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	2	1*	1*
59	1*	1*	1*	1*	2	1	1*	1*	1*	1*	1	1*
60	1*	1*	1*	1*	1	1	1*	1*	1*	1*	1*	1*
62	2	1	1*	1	0	0	0	0	2	2	2	2
63	NA	NA	1*	0	2	7	7	2	3	1*	1	NA
64	NA	NA	NA	NA	-1	2	0	NA	NA	NA	NA	NA
65	1	1	1*	1	2	7	7	2	6	1	1	1
66	NA	NA	NA	NA	2	7	7	1*	1*	1*	NA	NA
67	NA	NA	NA	NA	2	7	7	1*	NA	1*	NA	NA
68	1	1	-1	-1	2	2	2	2	-1	NA	-1	-1
69	-1	-1	-1	NA	2	2	2	-1	NA	NA	NA	-1
70	NA	NA	NA	NA	2	1*	1	NA	NA	NA	NA	NA
71	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-1	1	1
72	NA	NA	1	1	2	2	2	1	1*	1*	NA	NA
74	NA	NA	NA	0	-1	NA	NA	-1	1*	NA	NA	NA
75	NA	NA	NA	1	2	2	0	NA	1	0	-1	NA
76	1*	1*	NA	NA	0	0	-1	-1	1*	1*	1*	1*
77	1*	1*	1*	1*	2	2	1*	1*	1*	1*	1*	1*
79	1	1	NA	2	2	2	0	0	1	1	1	1
80	-1	-1	NA	1	2	2	NA	-1	1*	1	1	1*
81	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*
82	1	1	1*	1*	2	1	1*	1	1*	1	1	1
83	1*	1*	1*	1*	1	1	1*	1*	1*	1*	1*	1*
84	NA	NA	NA	1	2	2	0	NA	1	-1	NA	NA
87	1*	1	1	2	2	2	2	2	1	1*	1	1
88	NA	-1	NA	2	2	2	2	-1	1	NA	NA	NA
90	NA	NA	-1	2	2	1*	-1	NA	1*	NA	NA	NA
92	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1	1*	1*	1*	1*
95	NA	NA	NA	NA	0	3	6	1	NA	1*	NA	NA
97	7	7	7	7	7	7	7	1	1	7	7	7
99	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	NA
101	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1*	NA	NA	1*	NA	NA
102	NA	NA	NA	NA	0	6	6	1*	NA	3	NA	NA
104	NA	NA	-1	1*	2	2	2	-1	1*	1*	NA	NA
105	7	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2
106	NA	NA	NA	NA	NA	7	2	2	0	0	NA	NA
107	NA	NA	NA	NA	-1	1*	NA	NA	NA	NA	NA	NA
109	NA	NA	NA	-1	1	7	7	2	2	1	1	NA
112	-1	1	0	0	NA	1*	1	1	NA	-1	NA	-1
113	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1*
119	-1	0	0	-1	-1	0	NA	-1	-1	NA	1*	1*

NA : pas de donnée en 2013 ; 1 : « zone x mois » classé non à risque et pas de valeur supérieure à la limite réglementaire (160 µg/kg) en 2013 ; 2 : « zone x mois » classé à risque mais pas de valeur supérieure à la limite réglementaire en 2013 ; 3 ou 6 : « zone x mois » classé non à risque mais valeur supérieure à la limite réglementaire en 2013 ; 7 : « zone x mois » classé à risque et valeur supérieure à la limite réglementaire en 2013 ; 0 : « zone x mois » prédit à risque mais pour lequel il n'y a pas eu d'analyse chimique en 2013, il n'est donc pas possible de statuer sur la prédiction.

-1 : « zone x mois » classé non à risque mais pas de donnée en 2013 ; 1* : « zone x mois » classé non à risque et résultats en 2013 tous inférieurs à la limite de quantification.

En résumé les zones classées à risque par le nouveau système sont classées 2 (à tort pour 2013), 7 (avec raison pour 2013), 0 (on ne sait pas).

On peut noter, de façon générale, une plus grande continuité des périodes à risque avec cette nouvelle approche.

6 Propositions pour la prédiction des zones à risque pour 2014

Sur la base des estimations de la performance des méthodes par le maximum de vraisemblance et par inférence bayésienne avec l'année 2013 comme année de référence, il est recommandé de **privilégier l'approche par inférence bayésienne** car elle permet de prendre en compte un plus grand nombre de situations que la méthode par maximum de vraisemblance et elle offre un niveau de performance au moins comparable à celui du système actuel de définition des périodes à risque. **Le quantile 20 apparaît comme le meilleur estimateur de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire mais ce choix pourra être revu au regard de nouvelles données disponibles.**

Ainsi, pour 2014, une fois le niveau de risque acceptable défini par le gestionnaire du risque, il ne reste qu'à statuer pour chaque « zone x mois » si la probabilité de dépassement de la limite réglementaire est supérieure au seuil de signification statistique et donc classer cette période comme à risque. Les résultats détaillés de cette prédiction pour 2014, zone par zone et mois par mois, sur la base des résultats pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013 figurent dans les tableaux 21 et 22 en annexe.

Il convient de noter qu'en 2013, des résultats d'analyse chimique dépassant la limite réglementaire en dehors des périodes à risque ont été observés à 32 occasions. Un accroissement des périodes à risque pour 2014 en comparaison avec 2013 est donc attendu, que ce soit avec le système actuel ou avec les approches alternatives. Ainsi, avec le mode de calcul actuel, le nombre de périodes à risque est passé de 102 en 2013 à 113 en 2014.

A titre d'exemple, sont présentées ci-après les prédictions des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 2% puis de 3,5% (choisis arbitrairement) sur la base du quantile 20 de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire.

► **Exemple de prédiction des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 2%**

Sur les 924 possibilités de « zone x mois » (77 zones, 12 mois), 257 sont considérées à risque, comme l'illustre le tableau 9.

► **Exemple de prédiction des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 3,5%**

Sur les 924 possibilités de « zone x mois » (77 zones, 12 mois), 214 sont considérées à risque, comme l'illustre le tableau 10.

► **Propositions pour les situations dans lesquelles il n'y a pas de donnée**

Comme précédemment, en l'absence de donnée pour un couple « zone x mois » sur la période 2010-2013, la période est considérée comme non à risque.

Il est toutefois recommandé **d'acquérir des données d'analyse chimique selon une fréquence mensuelle ou bimensuelle, a minima sur les zones importantes de production et pour les coquillages concernés, sur plusieurs années.**

L'absence de donnée peut aussi s'expliquer par l'absence de pêche ou de récolte de coquillages durant la période considérée. **Il serait utile de disposer de cette information et d'en tenir compte dans les modèles statistiques**, d'une part pour réviser les estimations de la performance des méthodes testées et d'autre part pour ajuster les calendriers de prédiction des périodes à risque.

Tableau 9 : Exemple de prédiction des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 2% sur la base des données 2010-2013

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
10	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0
33	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0
38	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
39	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
40	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
42	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
43	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
44	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
45	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
46	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
47	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
48	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0
49	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
50	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
52	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
53	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
56	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
59	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
63	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
64	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
66	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
67	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
74	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
76	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
80	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
82	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
87	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
88	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
90	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
97	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
102	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
104	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
105	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
106	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
112	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
118	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
119	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0

Tableau 10 : Exemple de prédiction des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 3,5% sur la base des données 2010-2013

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
10	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0
33	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
38	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
39	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
40	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
42	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
43	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
45	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
47	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
48	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
49	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
50	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
52	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
53	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
56	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
59	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
63	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
64	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
66	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
67	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
76	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
80	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
87	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
88	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
97	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
102	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
104	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
105	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
106	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
112	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
113	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
119	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les résultats pour l'année 2014 montrent une forte augmentation du nombre de « zones x mois » devant être classés à risque comparé à l'année 2013, pour un même niveau de protection du consommateur (valeur du seuil de signification statistique « p »). Par exemple, pour un « p » de 3,5% le nombre de « zones x mois » à risque passe de 170 en 2013 à 214 en 2014. Le mode de calcul actuel a aussi conduit, dans une moindre mesure, à une augmentation du nombre de périodes à risque, passant de 102 en 2013 à 113 en 2014.

► **Exemple de prédiction des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 3,5%, sans les données des points de prélèvement au large**

Comme indiqué précédemment (section 3, Stratégie d'échantillonnage mise en œuvre par l'Ifremer), la stratégie de surveillance des points de prélèvement situés au large est différente de celle appliquée aux points de prélèvement situés dans les gisements côtiers, puisqu'elle est basée sur les périodes de pêche. Vu le nombre limité de résultats d'analyses chimiques disponibles, il a été décidé de ne pas exclure ces données « au large » de l'analyse.

Pour information et afin d'avoir une idée de l'influence de ces données dans le calcul des périodes à risque, une prédiction pour 2014 a été réalisée en excluant les données « au large » (tableau 11). Les résultats détaillés du quantile 20 des probabilités de dépassement de la limite réglementaire, zone par zone et mois par mois, sur la base des résultats pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013 figurent dans les tableaux 23 et 24 en annexe.

Tableau 11 : Exemple de prédiction des périodes à risque pour 2014 avec un seuil de signification statistique de 3,5% sur la base des données 2010-2013, sans les données « au large »

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
38	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
39	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
40	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
42	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
44	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
45	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
47	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
48	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
49	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
50	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
52	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
53	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
64	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
66	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
67	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
76	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
87	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
88	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
97	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
102	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
104	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
105	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
106	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
112	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
118	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
119	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7 Limites de l'analyse

Certains facteurs n'ont pas été pris en compte dans l'analyse :

- ▶ l'effet « espèce de coquillage ».
- ▶ l'effet « point de prélèvement » dans la zone marine.

Le faible nombre de résultats d'analyses chimiques par espèce de coquillages et les déséquilibres dans les effectifs selon les espèces n'ont pas permis d'en tenir compte dans l'étude des modalités de définition des zones et des périodes à risque. Il est difficile de mesurer un effet « espèce » si le point de prélèvement et le moment de suivi sont différents entre les espèces. De même, si les points de prélèvement ne sont pas suivis avec la même fréquence et si le nombre de points est différent d'une zone à l'autre, d'une période à l'autre, il est difficile de prendre en compte l'effet « point de prélèvement ». En théorie, les données acquises sur un même point, sur une même espèce sont corrélées. L'hypothèse est que le choix du point et de l'espèce a été optimisé par l'Ifremer vis-à-vis de la production concernée. Cette question pourrait être ré-examinée dans l'avenir si nécessaire et si les données le permettent. Peut être que d'autres données acquises en dehors du REPHY permettraient de mieux répondre à ces questions d'ordre biologique et environnemental.

- ▶ Certains ajustements posent des difficultés, bien évidemment en cas d'absence de donnée, de données toutes censurées, ou encore de données isolées. Des recommandations ont été émises sur ce point afin d'acquérir des données d'analyse chimique selon une fréquence mensuelle ou bimensuelle, *a minima* sur les zones importantes de production et pour les coquillages concernés, sur plusieurs années.
- ▶ Du fait du nombre limité de résultats disponibles par analyse chimique (mise en place seulement depuis 2010 de manière systématique sur tous les prélèvements de coquillages) pour mener cette analyse, il a fallu recourir à une partition mensuelle et à une agrégation des données sur plusieurs années. Si les recommandations émises dans ce rapport étaient retenues par le gestionnaire du risque, il serait possible dans l'avenir d'améliorer la puissance et la fiabilité de l'analyse statistique en acquérant davantage de données. Par exemple, dans le système actuel et dans les alternatives proposées, les résultats d'un mois en particulier ne tiennent pas compte des résultats du mois d'avant ni du mois d'après. Les résultats d'une année peuvent être très atypiques et influencer durablement sur la définition de la période à risque, en particulier si le nombre d'analyses est très différent d'une année sur l'autre pour une même zone, un même mois. La prise en compte d'une variabilité interannuelle pourrait corriger cet effet.

8 Conclusions et perspectives

Jusqu'en 2010, l'outil officiel de détection des phycotoxines lipophiles dans les coquillages était le bio-essai sur souris. Les résultats produits étaient de nature qualitative (OUI/NON). Depuis le 1^{er} janvier 2010 et la mise en place de l'analyse chimique par LC-MS/MS en tant qu'outil officiel en remplacement du bio-essai sur souris, les résultats produits sont quantitatifs (concentration en phycotoxines exprimée en µg/kg de chair de coquillage). Les possibilités d'analyse statistique sont plus nombreuses et plus riches mais on dispose de moins de recul sur ces données.

L'approche actuelle de définition des zones et des périodes à risque montre des limites en termes de sensibilité qui pourraient être améliorées.

Les avantages et les inconvénients de l'approche actuelle vis-à-vis d'une approche alternative sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Comparaison des avantages et des inconvénients des deux approches de définition des zones et périodes à risque

	Approche Actuelle	Approche Alternative (inférence bayésienne)
Principe Zone et période à risque si :	détection d'un dépassement de la limite réglementaire sur la base des 3 dernières années	probabilité de dépassement de la limite réglementaire supérieure au seuil de signification statistique fixé par le gestionnaire ; la probabilité de dépassement de la limite réglementaire est estimé sur la base de toutes les années depuis 2010
Rapidité et facilité d'analyse des résultats	très facile, à revoir chaque année	doit être menée par un biostatisticien, résultats en une semaine à un mois, à revoir chaque année (au moins en phase de démarrage)
Utilisation de l'information produite par le REPHY	qualitative = restreinte à la seule notion de dépassement de la limite réglementaire	quantitative = exploitation de la valeur de la concentration
Biais de la méthode	l'approche ne tient pas compte d'une situation dans laquelle il y aurait une ou plusieurs concentrations en phycotoxines lipophiles dans les coquillages proches de la limite réglementaire, sans la dépasser. Les données antérieures à 3 ans ne sont pas prises en compte, or des conditions environnementales particulières peuvent se ressembler à plus de 3 ans de distance.	moins de biais : l'approche tient compte d'une situation dans laquelle il y aurait une ou plusieurs concentrations en phycotoxines lipophiles dans les coquillages proches de la limite réglementaire, sans la dépasser. Toutes les données acquises depuis 2010 sont exploitées, permettant une meilleure prise en compte de la variabilité interannuelle.
Critère de choix	pas de critère en dehors de la valeur de la limite réglementaire	critère devant être optimisé sur les premières années, choix du seuil de signification statistique par le gestionnaire du risque
Coût Sensibilité Spécificité	102 « zones x mois » à risque en 2013 113 « zones x mois » à risque en 2014 51% 86%	supérieur au système actuel fonction du seuil choisi peut être améliorée (supérieure à 51% et atteindre jusqu'à 85%) diminuera en fonction de la sensibilité
Défaut majeur du système	l'absence de donnée conduit à définir, par défaut, la période comme non à risque	l'absence de donnée conduit à définir, par défaut, la période comme non à risque

L'approche alternative, un peu plus complexe à mettre en œuvre, est plus rigoureuse scientifiquement et permet d'atteindre un niveau de sécurité du consommateur plus élevé qu'avec l'approche actuelle. Afin de confirmer les résultats obtenus avec l'année 2013 comme seule année de référence, il est recommandé de poursuivre l'analyse en intégrant les données d'une année supplémentaire (2014).

► Perspectives

Les approches alternatives au système actuel (maximum de vraisemblance, inférence bayésienne) permettent d'exploiter l'ensemble des données d'analyses chimiques depuis 2010. Une meilleure prise en compte de la variabilité interannuelle sera donc possible. Lorsque les données seront suffisantes (plusieurs années nécessaires), il sera possible de trouver une pondération qui prendra davantage en compte les données récentes vis-à-vis de données anciennes. C'est l'avantage de la nouvelle méthode proposée qui prend en compte des données acquises au-delà des 3 ans et qui prend en compte l'ensemble des valeurs disponibles.

Dans le cadre d'un programme de recherche, l'étude de la prise en compte des facteurs environnementaux et du dénombrement de cellules phytoplanctoniques en tant que covariables dans les modèles pourrait être réalisée.

9 BIBLIOGRAPHIE

- Belin C. et Amzil Z. (2010). Phycotoxin monitoring in France: risk-based strategy and main results (2006-2008). ICMSS09 - Nantes, France - June 2009, Quae edition. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00077/18821/>
- Busschaert P, Geeraerd AH, Uyttendaele M, Van Impe JF (2011). Hierarchical Bayesian analysis of censored microbiological contamination data for use in risk assessment and mitigation. *Food Microbiol* 28(4): 712-719.
- Delignette-Muller ML, Dutang C, Pouillot R, Denis J (2014). fitdistrplus: help to fit of a parametric distribution to non-censored or censored data. <http://cran.r-project.org/web/packages/fitdistrplus/index.html>
- Plummer (2005). "Jags." Retrieved from <http://mcmc-jags.sourceforge.net/>.

ANNEXES du rapport AST

Tableau 13 : Données disponibles par espèce de coquillages

AVEC les données des points « au large »

Espèces		2010	2011	2012	2013
<i>Aequipecten opercularis</i>	pétoncle	16	37	14	14
<i>Callista chione</i>	verni	6	15	9	14
<i>Cerastoderma edule</i>	coque	42	57	51	45
<i>Crassostrea gigas</i>	huître creuse	261	196	163	175
<i>Donax trunculus</i>	donace	77	102	130	124
<i>Glycymeris glycymeris</i>	amande	29	32	33	32
<i>Mimachlamys varia</i>	pétoncle noir	15	18	18	15
<i>Mytilus</i>	moule	76	84	130	219
<i>Mytilus edulis</i>	moule commune	277	284	322	293
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	moule méditerranéenne	164	155	158	175
<i>Ostrea edulis</i>	huître plate	2	1	3	1
<i>Pecten maximus</i>	coquille Saint-Jacques	157	189	237	286
<i>Polittapes virgineus</i>	palourde rose	41	39	38	42
<i>Spisula (Spisula) ovalis</i>	mactre	0	12	17	15
<i>Venerupis decussata</i>	palourde grise	17	22	9	9
<i>Venerupis philippinarum</i>	palourde japonaise	79	29	30	19
<i>Venus verrucosa</i>	praire	17	13	16	17
Zones marines		67	64	64	68
Points		114	116	130	135
TOTAL		1276	1285	1378	1495

SANS les données des points « au large »

Espèces		2010	2011	2012	2013
<i>Aequipecten opercularis</i>	pétoncle	0	0	0	0
<i>Callista chione</i>	verni	0	0	0	0
<i>Cerastoderma edule</i>	coque	42	57	51	45
<i>Crassostrea gigas</i>	huître creuse	260	196	163	175
<i>Donax trunculus</i>	donace	77	102	130	124
<i>Glycymeris glycymeris</i>	amande	0	0	0	0
<i>Mimachlamys varia</i>	pétoncle noir	0	0	0	0
<i>Mytilus</i>	moule	49	84	130	219
<i>Mytilus edulis</i>	moule commune	278	284	322	293
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	moule méditerranéenne	164	155	158	175
<i>Ostrea edulis</i>	huître plate	0	0	2	0
<i>Pecten maximus</i>	coquille Saint-Jacques	0	0	0	0
<i>Polittapes virgineus</i>	palourde rose	0	7	7	11
<i>Spisula (Spisula) ovalis</i>	mactre	0	12	17	15
<i>Venerupis decussata</i>	palourde grise	17	22	9	9
<i>Venerupis philippinarum</i>	palourde japonaise	79	29	30	19
<i>Venus verrucosa</i>	praire	0	0	0	0
Zones marines		52	54	52	55
Points		74	78	90	94
TOTAL		966	948	1019	1085

Tableau 14 : Codes et libellés des zones marines selon Ifremer

code zone	Libellé de la zone	code zone	Libellé de la zone
3	Manche Nord Est - large	63	Baie de Vilaine - côte
6	Baie de Somme - large	64	Rivière de Penerf
9	Pays de Caux Sud	65	Estuaire de la Vilaine
10	Baie de Seine et Orne	66	Pen Bé
12	Côte de Nacre	67	Traict de Pen Bé
13	Côte du Bessin	68	Traicts du Croisic
14	Baie des Veys	69	Loire - large
15	Ravenoville - Saint Vaast - Barfleur	70	Estuaire de la Loire
16	Cotentin Nord	71	Baie de Bourgneuf
18	Cotentin Ouest	72	Vendée Nord
21	Rance - estuaire et large	74	Olonne - Le Payré
24	Baie de Saint-Brieuc - large	75	Ouest îles de Ré et d'Oléron
26	Baie de Paimpol	76	Pertuis Breton
32	Baie de Lannion	77	Baie de l'Aiguillon
33	Baie de Morlaix - large	79	Pertuis d'Antioche
34	Rivière de Morlaix	80	Marenes Oléron
37	Ouessant - Abers	81	Rivière de la Charente
38	Iroise - Camaret	82	Pertuis de Maumusson
39	Rade de Brest	83	Rivière de la Seudre
40	Baie de Douarnenez	84	Aval et large de la Gironde
42	Baie d'Audierne	87	Arcachon aval
43	Concarneau large - Glénan	88	Bassin d'Arcachon
44	Bénodet	90	Lac d'Hossegor
45	Rivière de Pont L'Abbé	95	Côte audoise
46	Odet	97	Etang de Salses-Leucate
47	Baie de Concarneau	99	Etang de l'Ayrolle
48	Aven - Belon - Laïta	101	Etangs gruisanais
49	Rade de Lorient - Groix	102	Côte languedocienne
50	Scorff - Blavet	104	Etang de Thau
51	Petite mer de Gâvres	106	Côte camarguaise
52	Baie d'Etel	107	Etangs Camargue Ouest
53	Rivière d'Etel	109	Golfe de Fos
54	Belle-Ile - Houat - Hoëdic	112	Rade de Toulon
55	Baie de Quiberon	118	Etang de Diana
56	Baie de Plouharnel	119	Etang d'Urbino
57	Rivière de Crac'h	92	Hors zone - Manche Atlantique
58	Golfe du Morbihan - large	105	Etangs Palavasiens
59	Saint-Philibert - Le Breneguy	118	Etang de Diana
60	Rivière d'Auray	119	Etang d'Urbino
62	Baie de Vilaine - large	92	Hors zone - Manche Atlantique
		105	Etangs Palavasiens

Tableau 15 : Données disponibles zone par zone et mois par mois de 2010 à 2013

Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	total	Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	total
3	21	20	28	18	8	0	0	2	32	35	24	20	208	62	8	6	7	5	1	1	2	4	8	11	9	6	68
6	4	3	4	8	6	4	4	5	3	4	4	4	53	63	0	0	1	3	30	29	28	18	8	9	3	0	129
9	3	2	1	1	0	2	0	3	7	6	4	3	32	64	0	0	0	0	6	20	8	0	0	0	0	0	34
10	9	9	9	5	14	13	19	29	31	34	17	11	200	65	4	4	4	5	39	39	30	13	11	7	4	4	164
12	5	5	0	0	1	0	0	1	1	1	7	4	25	66	0	0	0	0	17	16	18	2	2	2	0	0	57
13	3	2	1	0	0	0	0	1	0	1	4	5	17	67	0	0	0	0	17	24	12	2	0	1	0	0	56
14	1	0	1	0	4	6	3	3	5	2	4	7	36	68	4	4	3	3	28	31	37	6	3	3	3	3	128
15	2	1	2	0	2	9	12	10	5	7	8	5	63	69	2	3	1	0	3	15	5	14	0	0	0	1	44
16	9	6	8	5	0	0	0	0	2	4	7	7	48	70	0	0	0	0	2	2	7	0	0	0	0	0	11
18	17	20	17	14	12	12	11	10	16	22	19	13	183	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	8
21	8	5	6	6	0	0	0	0	0	1	0	9	35	72	0	0	3	2	6	17	13	8	4	5	0	0	58
24	3	8	7	5	0	0	0	0	3	8	10	8	52	74	0	0	0	3	4	0	0	1	2	0	0	0	10
26	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	75	0	0	0	5	14	13	3	0	5	2	1	0	43
32	0	0	0	2	18	4	18	16	21	26	6	0	111	76	10	10	0	0	5	7	1	10	8	11	9	12	83
33	6	2	3	1	0	2	2	1	8	8	9	8	50	77	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0	10
34	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	79	4	4	0	5	19	32	3	6	2	5	5	7	92
37	0	0	3	7	3	0	2	4	1	0	2	1	23	80	3	2	0	2	15	14	0	5	4	7	7	6	65
38	3	4	2	20	25	15	8	17	25	19	13	4	155	81	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
39	13	12	13	4	40	39	44	35	15	7	11	8	241	82	4	4	4	8	18	9	5	4	4	5	4	4	73
40	10	7	7	20	26	11	5	11	18	20	23	23	181	83	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	4
42	0	0	0	1	15	15	14	4	6	1	0	0	56	84	0	0	0	5	13	19	4	0	3	1	0	0	45
43	12	7	9	14	23	18	15	10	8	9	7	7	139	87	7	10	9	40	48	36	31	29	21	8	8	8	255
44	0	0	0	1	20	18	17	11	1	0	0	0	68	88	0	3	0	40	43	33	29	26	18	0	0	0	192
45	0	0	0	1	22	19	10	0	0	0	0	0	52	90	0	0	1	8	5	1	1	0	1	0	0	0	17
46	0	0	0	2	10	12	7	2	2	1	0	0	36	92	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
47	4	5	5	14	29	33	46	37	19	15	10	4	221	95	0	0	0	2	4	2	9	5	0	1	0	0	23
48	0	0	0	2	25	19	15	0	1	1	0	0	63	97	38	25	35	35	34	25	25	22	20	24	31	46	360
49	3	6	2	17	22	20	21	16	15	12	7	2	143	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	9
50	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	4	101	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
51	0	0	0	0	24	20	28	0	0	1	0	0	73	102	0	0	0	0	2	4	9	1	0	9	0	0	25
52	0	2	0	0	5	6	0	4	8	0	0	0	25	104	0	0	1	2	14	23	8	1	2	1	0	0	52
53	0	0	0	2	31	28	6	2	16	8	0	0	93	105	18	6	5	6	19	32	17	19	28	15	33	28	226
54	5	3	2	4	8	14	26	11	9	12	9	5	108	106	0	0	0	0	0	3	5	5	1	5	0	0	19
55	0	0	0	0	2	1	1	1	0	5	1	0	11	107	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	5
56	0	0	0	0	4	0	0	0	0	8	0	0	12	109	0	0	0	1	5	2	13	9	3	3	2	0	38
57	0	0	0	0	4	16	0	0	0	8	0	0	28	112	1	3	4	1	0	9	3	3	0	1	0	1	26
58	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	3	2	12	118	10	18	19	4	4	6	4	15	10	9	4	4	107
59	0	0	0	0	2	1	0	0	0	4	0	0	7	119	9	3	2	3	1	2	0	2	2	0	1	1	26
60	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2														

Tableau 16 : Données disponibles zone par zone de 2010 à 2012

Zone	Mois sans données	1 donnée non censurée au cours du mois	que des données censurées	Nombre d'analyses	Zone	Mois sans données	1 donnée non censurée au cours du mois	que données censurées	Nombre d'analyses
003	3	3	5	129	062	0	0	4	49
006	0	0	12	42	063	5	0	2	83
009	6	0	3	13	064	9	1	0	30
010	0	0	4	139	065	0	0	6	114
012	5	1	5	22	066	9	0	0	38
013	6	0	4	12	067	9	0	0	36
014	4	0	8	17	068	0	0	7	95
015	2	0	10	48	069	4	0	4	40
016	4	0	8	35	070	10	0	1	6
018	0	0	12	137	071	9	0	3	6
021	6	0	6	24	072	4	1	4	40
024	4	0	8	38	074	9	2	1	8
026	11	0	1	1	075	5	0	1	33
032	4	0	3	64	076	2	1	7	67
033	3	0	8	36	077	10	0	0	10
037	5	0	3	15	079	1	0	4	59
038	1	0	3	114	080	2	0	7	54
039	0	1	2	175	081	11	1	0	1
040	0	0	1	139	082	0	0	10	54
042	7	0	1	38	083	10	0	2	4
043	0	2	4	108	084	6	0	2	34
044	7	1	1	52	087	0	1	3	209
045	8	0	1	37	088	5	1	1	160
046	8	0	0	18	090	8	0	2	9
047	0	1	2	161	092	11	0	1	1
048	8	0	0	43	095	8	0	2	10
049	0	0	5	103	097	0	0	1	244
050	11	0	0	2	099	10	0	2	7
051	9	0	0	52	102	9	1	2	4
052	8	0	0	23	104	7	0	2	34
053	5	0	4	84	105	0	0	0	188
054	0	0	4	63	106	7	0	2	12
055	8	0	3	5	107	11	1	0	3
056	10	1	0	12	109	4	0	3	22
057	9	0	0	28	112	3	0	8	21
058	9	0	1	6	118	0	0	4	86
059	9	1	2	7	119	4	0	2	24
060	11	0	0	2					

Tableau 17 : Résultats détaillés de l'estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire par le maximum de vraisemblance, zones 3 à 57

Zones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,004	0,001	0,004	0,016
6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,024	NA	0,073	0,002
10	NA	NA	NA	NA	0,142	0,155	0,017	0,218	0,190	0,151	0,096	0,036
12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,016	0,001
13	0,126	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,001	NA
14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
18	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
21	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
24	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
26	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
32	NA	NA	NA	NA	0,157	NA	NA	0,005	0,161	0,136	0,004	NA
33	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,001	NA	NA	NA
37	NA	NA	0	0,159	0,446	NA	NA	NA	NA	NA	0,022	NA
38	NA	NA	NA	0,292	0,375	0,299	0,035	0,124	0,216	0,125	0,159	NA
39	0,000	NA	0,006	NA	0,272	0,187	0,194	0,107	0,020	0,034	0,039	0,010
40	0,060	0,135	0,140	0,518	0,501	0,866	NA	0,286	0,245	0,160	0,264	0,152
42	NA	NA	NA	NA	0,776	0,300	0,023	NA	0,008	NA	NA	NA
43	0,001	NA	0,033	0,113	0,368	0,298	0,045	0,001	NA	NA	0,017	NA
44	NA	NA	NA	NA	0,274	0,390	0,091	0,034	NA	NA	NA	NA
45	NA	NA	NA	NA	0,134	0,109	0,016	NA	NA	NA	NA	NA
46	NA	NA	NA	0,029	0,356	0,161	0,069	NA	NA	NA	NA	NA
47	0,060	0,027	NA	0,119	0,387	0,418	0,252	0,119	0,044	0,007	NA	0,002
48	NA	NA	NA	0,015	0,253	0,219	0,044	NA	NA	NA	NA	NA
49	NA	NA	NA	0,130	0,361	0,361	0,242	0,041	0,035	0,022	NA	NA
50	NA	NA	NA	NA	0,017	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
51	NA	NA	NA	NA	0,272	0,255	0,108	NA	NA	NA	NA	NA
52	NA	NA	NA	NA	0,293	0,264	NA	0,151	0,032	NA	NA	NA
53	NA	NA	NA	NA	0,173	0,146	0,123	NA	NA	NA	NA	NA
54	NA	NA	NA	NA	0,061	0,156	0,114	0,017	0,098	0,021	0,058	0,021
55	NA	NA	NA	NA	0,003	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
56	NA	NA	NA	NA	0,048	NA	NA	NA	NA	0,024	NA	NA
57	NA	NA	NA	NA	0,027	0,016	NA	NA	NA	0,036	NA	NA

Tableau 18 : Résultats détaillés de l'estimation de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire par le maximum de vraisemblance, zones 58 à 119

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
58	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,000	0,124	NA	NA
59	NA	NA	NA	NA	0,108	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
60	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
62	0,044	0,010	NA	NA	NA	NA	0,000	0,047	0,058	0,136	0,067	0,027
63	NA	NA	NA	0,067	0,433	0,389	0,283	0,062	NA	NA	NA	NA
64	NA	NA	NA	NA	0,024	0,051	0,037	NA	NA	NA	NA	NA
65	NA	NA	NA	0,005	0,422	0,283	0,092	0,110	NA	NA	0,014	NA
66	NA	NA	NA	NA	0,366	0,327	0,128	NA	NA	NA	NA	NA
67	NA	NA	NA	NA	0,148	0,199	0,059	NA	NA	NA	NA	NA
68	NA	NA	NA	0,000	0,212	0,245	0,136	0,065	NA	NA	NA	NA
69	NA	NA	NA	NA	0,002	0,154	0,037	0,019	NA	NA	NA	NA
70	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,010	NA	NA	NA	NA	NA
71	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
72	NA	NA	NA	NA	0,308	0,420	0,150	0,016	NA	NA	NA	NA
74	NA	NA	NA	0,107	0,067	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
75	NA	NA	NA	0,004	0,741	0,394	0,033	NA	0	0,034	NA	NA
76	NA	NA	NA	NA	0,018	0,042	NA	0,006	NA	NA	NA	NA
77	NA	NA	NA	NA	0,005	0,032	NA	NA	NA	NA	NA	NA
79	NA	NA	NA	0,053	0,279	0,198	0,062	0,068	NA	0,007	NA	0,021
80	NA	NA	NA	NA	0,112	0,055	NA	0,052	NA	NA	NA	NA
81	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
82	NA	NA	NA	NA	0,058	0,010	NA	NA	NA	NA	NA	NA
83	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
84	NA	NA	NA	0,004	0,520	0,255	0,082	NA	NA	NA	NA	NA
87	NA	0,032	NA	0,611	0,357	0,140	0,059	0,040	0,023	NA	0,011	0,005
88	NA	NA	NA	0,439	0,278	0,121	0,040	0,018	0,005	NA	NA	NA
90	NA	NA	NA	0,666	0,021	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
92	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
95	NA	NA	NA	NA	0,067	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA
97	0,122	0,112	0,096	0,056	0,031	0,029	0,004	NA	0,023	0,100	0,187	0,441
99	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
102	NA	NA	NA	NA	0,141	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
104	NA	NA	NA	NA	0,062	0,090	0,059	NA	NA	NA	NA	NA
105	0,324	0,082	0,006	0,019	0,069	0,069	0,033	0,041	0,011	0,033	0,169	0,253
106	NA	NA	NA	NA	NA	0,061	NA	0,012	NA	0,033	NA	NA
107	NA	NA	NA	NA	0,038	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
109	NA	NA	NA	NA	0,000	NA	0,115	0,011	0,047	0,000	NA	NA
112	NA	NA	0,101	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
118	0,092	0,097	0,094	0,036	0,006	0,008	NA	0,013	0,014	NA	NA	NA
119	0,007	0,081	0,081	0,001	NA	0,043	NA	0,000	NA	NA	NA	NA

Tableau 19 : Résultats détaillés du quantile 20 de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire par inférence bayésienne, sur la base des données 2010 à 2012, zone 3 à 58

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	NA	NA	0,000	NA	NA	ND	ND	ND	0,001	0,001	0,001	0,008
6	0,000	NA	0,000	NA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	ND	ND	ND	ND	ND	NA	ND	0,000	0,014	0,000	0,034	0,013
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,074	0,099	0,009	0,172	0,152	0,120	0,075	0,036
12	NA	NA	ND	ND	0,000	ND	ND	ND	0,000	0,000	0,006	0,007
13	0,048	0,000	0,000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	0,007	NA
14	ND	ND	0,000	ND	0,000	0,000	ND	NA	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,000	ND	0,000	ND	NA	NA	0,000	0,000	0,000	NA	NA	NA
16	0,000	0,000	NA	NA	ND	ND	ND	ND	0,000	NA	0,000	NA
18	0,000	NA	0,000	NA	0,000	NA	NA	NA	NA	0,000	NA	NA
21	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	0,000
24	0,000	NA	NA	0,000	ND	ND	ND	ND	NA	0,000	0,000	NA
26	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
32	ND	ND	ND	0,000	0,109	0,000	NA	0,008	0,113	0,100	0,016	ND
33	NA	0,000	0,000	0,000	ND	0,000	ND	ND	0,003	0,000	NA	0,000
34	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
37	ND	ND	0,000	0,122	0,286	ND	ND	0,000	0,039	ND	0,023	0,000
38	NA	0,000	ND	0,224	0,305	0,233	0,033	0,095	0,171	0,091	0,115	0,000
39	0,001	0,000	0,009	0,000	0,228	0,151	0,153	0,083	0,018	0,010	0,020	0,014
40	0,050	0,104	0,104	0,428	0,427	0,689	0,115	0,202	0,188	0,123	0,213	0,117
42	ND	ND	ND	0,128	0,648	0,234	0,015	ND	0,034	ND	ND	ND
43	0,001	0,000	0,021	0,088	0,302	0,235	0,035	0,002	NA	0,000	0,007	0,000
44	ND	ND	ND	0,020	0,215	0,313	0,066	0,008	ND	ND	ND	ND
45	ND	ND	ND	NA	0,104	0,082	0,036	ND	ND	ND	ND	ND
46	ND	ND	ND	0,028	0,254	0,122	0,119	ND	ND	ND	ND	ND
47	0,023	0,012	0,000	0,089	0,330	0,357	0,210	0,093	0,029	0,004	0,000	0,008
48	ND	ND	ND	0,022	0,205	0,172	0,047	ND	ND	ND	ND	ND
49	0,000	NA	0,000	0,100	0,289	0,286	0,189	0,031	0,023	0,017	0,000	0,000
50	ND	ND	ND	ND	0,066	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
51	ND	ND	ND	ND	0,218	0,200	0,081	ND	ND	ND	ND	ND
52	ND	ND	ND	ND	0,206	0,196	ND	0,083	0,027	ND	ND	ND
53	ND	ND	ND	NA	0,138	0,114	0,099	NA	NA	NA	ND	ND
54	NA	0,000	0,000	0,000	0,048	0,120	0,088	0,013	0,052	0,021	0,027	0,014
55	ND	ND	ND	ND	0,015	0,010	0,000	ND	ND	ND	0,000	ND
56	ND	ND	ND	ND	0,042	ND	ND	ND	ND	0,005	ND	ND
57	ND	ND	ND	ND	0,039	0,015	ND	ND	ND	0,021	ND	ND
58	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,002	0,049	NA	ND

NA souci de convergence sur données toutes inférieures à la LOQ pendant la période considérée.

ND absence de données entre 2010 et 2012.

Tableau 20 : Résultats détaillés du quantile 20 de la probabilité de dépassement de la limite réglementaire par inférence bayésienne, sur la base des données 2010 à 2012, zone 59 à 119

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
59	ND	ND	ND	ND	0,045	0,000	ND	ND	ND	0,000	ND	ND
60	ND	ND	ND	ND	0,015	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
62	0,055	0,011	NA	0,000	0,368	0,142	0,024	0,058	0,043	0,104	0,059	0,029
63	ND	ND	ND	0,063	0,369	0,324	0,227	0,038	ND	NA	0,000	ND
64	ND	ND	ND	ND	0,007	0,041	0,036	ND	ND	ND	ND	ND
65	0,000	0,000	NA	0,017	0,366	0,238	0,069	0,084	0,000	0,000	0,012	0,000
66	ND	ND	ND	ND	0,291	0,253	0,098	ND	ND	ND	ND	ND
67	ND	ND	ND	ND	0,098	0,155	0,048	ND	ND	ND	ND	ND
68	0,000	0,000	0,000	0,007	0,171	0,197	0,106	0,022	0,000	NA	0,000	0,000
69	0,000	0,000	0,000	ND	0,062	0,119	0,039	0,018	ND	ND	ND	0,000
70	ND	ND	ND	ND	0,063	ND	0,009	ND	ND	ND	ND	ND
71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	0,000	0,000
72	ND	ND	0,000	0,000	0,214	0,333	0,111	0,007	NA	NA	ND	ND
74	ND	ND	ND	0,031	0,018	ND	ND	0,000	ND	ND	ND	ND
75	ND	ND	ND	0,006	0,615	0,304	0,021	ND	0,000	0,027	0,000	ND
76	NA	NA	ND	ND	0,023	0,042	0,000	0,002	NA	NA	NA	NA
77	ND	ND	ND	ND	0,061	0,024	ND	ND	ND	ND	ND	ND
79	0,000	0,000	ND	0,037	0,210	0,156	0,027	0,058	0,000	0,010	0,000	0,008
80	0,000	0,000	ND	0,000	0,078	0,045	ND	0,013	NA	0,000	0,000	NA
81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,043	ND	ND	ND	ND
82	0,000	0,000	NA	NA	0,046	0,015	NA	0,000	NA	0,000	0,000	0,000
83	ND	ND	ND	ND	0,000	0,000	ND	ND	ND	ND	ND	ND
84	ND	ND	ND	0,007	0,389	0,198	0,058	ND	0,000	0,000	ND	ND
87	NA	0,006	0,000	0,552	0,311	0,112	0,046	0,027	0,015	NA	0,005	0,011
88	ND	0,000	ND	0,379	0,235	0,094	0,029	0,013	0,002	ND	ND	ND
90	ND	ND	0,000	0,399	0,024	ND	0,000	ND	ND	ND	ND	ND
92	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	ND	ND	ND
95	ND	ND	ND	NA	0,05	ND	0,003	0,001	ND	ND	ND	ND
97	0,094	0,083	0,075	0,037	0,023	0,021	0,004	0,000	0,009	0,074	0,148	0,381
99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	NA
101	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
102	ND	ND	ND	ND	0,051	0,000	0,000	ND	ND	ND	ND	ND
104	ND	ND	0,000	ND	0,051	0,068	0,050	0,000	ND	ND	ND	ND
105	0,245	0,059	0,007	0,023	0,054	0,053	0,028	0,026	0,004	0,026	0,135	0,204
106	ND	ND	ND	ND	ND	0,112	0,057	0,040	0,055	0,029	ND	ND
107	ND	ND	ND	ND	0,020	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
109	ND	ND	ND	0,000	0,007	0,054	0,093	0,020	0,111	0,000	0,000	ND
112	0,000	0,000	0,093	0,029	ND	NA	0,000	0,000	ND	0,000	ND	0,000
118	0,054	0,075	0,071	0,017	0,030	0,017	0,000	0,012	0,004	0,000	0,000	NA
119	0,009	0,067	0,038	0,006	0,000	0,029	ND	0,008	0,000	ND	ND	ND

Tableau 21 : Résultats du quantile 20 sur 2014 pour la prédiction de la probabilité de dépassement sur données 2010-2013, zones 3 à 58

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	NA	0,001	NA	0,001	0,000	ND	ND	0,016	0,011	0,058	0,004	0,006
6	0,000	0,000	0,000	NA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	0,028	0,000	0,000	0,000	ND	0,000	ND	0,000	0,021	0,059	0,080	0,031
10	0,010	NA	0,000	0,000	0,089	0,113	0,025	0,187	0,189	0,155	0,036	0,012
12	0,000	NA	ND	ND	0,000	ND	ND	0,000	0,000	0,000	0,012	0,005
13	0,026	0,000	0,000	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	0,000	0,005	0,000
14	0,000	ND	0,000	ND	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	NA
15	0,000	0,000	0,000	ND	NA	0,000	0,001	0,000	NA	0,000	NA	0,000
16	0,000	0,000	NA	0,000	ND	ND	ND	ND	0,000	NA	0,000	NA
18	0,000	NA	NA	NA	NA	NA	0,000	0,000	NA	NA	NA	0,000
21	0,000	0,000	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	NA
24	0,000	0,000	0,000	0,000	ND	ND	ND	ND	0,000	0,000	0,000	NA
26	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
32	ND	ND	ND	0,000	0,081	0,000	0,063	0,053	0,111	0,117	0,052	ND
33	NA	0,000	0,000	0,000	ND	0,000	0,000	0,115	0,019	NA	NA	0,000
34	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	ND	ND	ND
37	ND	ND	0,015	0,104	0,287	ND	0,025	0,043	0,038	ND	0,023	0,000
38	0,000	0,000	0,000	0,174	0,260	0,277	0,051	0,151	0,179	0,104	0,096	0,011
39	0,001	0,000	0,009	0,000	0,199	0,201	0,221	0,136	0,090	0,022	0,015	0,016
40	0,054	0,101	0,080	0,312	0,432	0,721	0,006	0,268	0,176	0,151	0,200	0,130
42	ND	ND	ND	0,126	0,301	0,207	0,292	0,620	0,199	0,148	ND	ND
43	0,001	0,000	0,016	0,061	0,231	0,192	0,065	0,006	0,003	0,003	0,005	0,000
44	ND	ND	ND	0,021	0,177	0,231	0,164	0,062	0,060	ND	ND	ND
45	ND	ND	ND	0,000	0,084	0,065	0,085	ND	ND	ND	ND	ND
46	ND	ND	ND	0,027	0,130	0,126	0,525	0,088	0,118	0,061	ND	ND
47	0,015	0,009	0,000	0,055	0,261	0,317	0,397	0,106	0,157	0,109	0,071	0,025
48	ND	ND	ND	0,021	0,168	0,144	0,122	ND	0,023	0,000	ND	ND
49	0,000	NA	0,000	0,068	0,220	0,263	0,237	0,043	0,029	0,075	0,089	0,000
50	ND	ND	ND	ND	0,066	ND	0,031	ND	ND	0,000	ND	ND
51	ND	ND	ND	ND	0,175	0,170	0,112	ND	ND	0,047	ND	ND
52	ND	0,000	ND	ND	0,203	0,195	ND	0,086	0,027	ND	ND	ND
53	ND	ND	ND	0,000	0,116	0,102	0,098	0,000	NA	0,000	ND	ND
54	NA	0,000	0,000	0,000	0,057	0,121	0,111	0,018	0,052	0,020	0,044	0,032
55	ND	ND	ND	ND	0,015	0,010	0,000	0,015	ND	0,076	0,000	ND
56	ND	ND	ND	ND	0,042	ND	ND	ND	ND	0,006	ND	ND
57	ND	ND	ND	ND	0,039	0,015	ND	ND	ND	0,020	ND	ND
58	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	0,087	0,025	0,032

Tableau 22 : Résultats du quantile 20 sur 2014 pour la prédiction de la probabilité de dépassement sur données 2010-2013, zones 59 à 119

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
59	ND	ND	ND	ND	0,044	0,000	ND	ND	ND	0,000	ND	ND
60	ND	ND	ND	ND	0,013	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
62	0,036	0,005	0,000	0,000	0,373	0,137	0,022	0,059	0,070	0,089	0,044	0,023
63	ND	ND	0,000	0,063	0,280	0,376	0,413	0,056	0,114	0,098	0,010	ND
64	ND	ND	ND	ND	0,007	0,040	0,036	ND	ND	ND	ND	ND
65	NA	0,000	NA	0,014	0,289	0,312	0,180	0,122	0,221	0,086	0,044	0,000
66	ND	ND	ND	ND	0,232	0,323	0,179	0,014	0,118	0,000	ND	ND
67	ND	ND	ND	ND	0,070	0,159	0,114	0,000	ND	0,000	ND	ND
68	0,000	0,000	0,000	0,007	0,152	0,134	0,080	0,009	0,000	0,000	NA	NA
69	0,000	0,000	0,000	ND	0,098	0,107	0,068	0,018	ND	ND	ND	0,000
70	ND	ND	ND	ND	0,042	0,025	0,049	ND	ND	ND	ND	ND
71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	0,000	0,000
72	ND	ND	0,000	0,000	0,168	0,244	0,100	0,034	NA	0,000	ND	ND
74	ND	ND	ND	0,031	0,018	ND	ND	0,000	0,000	ND	ND	ND
75	ND	ND	ND	0,124	0,308	0,185	0,020	ND	0,010	0,027	0,000	ND
76	0,000	0,000	ND	ND	0,023	0,042	0,000	0,002	NA	0,000	NA	NA
77	ND	ND	ND	ND	0,061	0,024	ND	ND	ND	ND	ND	ND
79	0,000	0,000	ND	0,011	0,097	0,141	0,026	0,056	0,000	0,005	0,000	0,005
80	0,000	NA	ND	0,000	0,060	0,042	ND	0,013	0,000	0,000	NA	0,000
81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,044	ND	ND	ND	ND
82	0,000	NA	0,000	NA	0,032	0,014	0,000	NA	0,000	0,000	0,000	0,000
83	ND	ND	ND	ND	0,000	0,000	ND	ND	ND	ND	ND	ND
84	ND	ND	ND	0,150	0,224	0,138	0,059	ND	0,000	0,000	ND	ND
87	0,002	0,005	NA	0,376	0,250	0,090	0,040	0,026	0,012	0,000	0,004	0,007
88	ND	0,000	ND	0,269	0,185	0,070	0,026	0,013	0,001	ND	ND	ND
90	ND	ND	0,000	0,100	0,046	0,000	0,000	ND	0,000	ND	ND	ND
92	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	ND	ND	ND
95	ND	ND	ND	0,000	0,051	ND	0,003	0,001	ND	ND	ND	ND
97	0,327	0,162	0,141	0,180	0,138	0,087	0,051	0,001	0,028	0,136	0,180	0,425
99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	NA
101	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	0,049	ND	ND
102	ND	ND	ND	ND	0,052	0,094	0,180	0,035	ND	0,170	ND	ND
104	ND	ND	0,000	0,000	0,077	0,084	0,051	0,000	0,000	0,000	ND	ND
105	0,191	0,064	0,005	0,040	0,051	0,051	0,035	0,031	0,004	0,031	0,108	0,145
106	ND	ND	ND	ND	ND	0,200	0,064	0,006	0,054	0,028	ND	ND
107	ND	ND	ND	ND	0,019	0,000	ND	ND	ND	ND	ND	ND
109	ND	ND	ND	0,000	0,017	0,210	0,137	0,014	0,041	0,000	0,000	ND
112	0,000	NA	0,092	0,028	ND	0,002	0,089	0,020	ND	0,000	ND	0,000
118	0,048	0,056	0,056	0,011	0,030	0,014	0,000	0,012	0,003	0,072	0,007	0,004
119	0,009	0,066	0,037	0,006	0,000	0,029	ND	0,008	0,000	ND	0,021	0,000

Tableau 23 : Résultats du quantile 20 sur 2014 pour la prédiction de la probabilité de dépassement sur données 2010-2013, sans les données du large, zones 6-57

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	0,000	NA	NA	NA	0,000	NA	0,000	0,000	0,000	NA	NA	0,000
9	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	NA	ND	ND	ND	ND
10	0,000	NA	NA	0,000	0,098	0,104	0,024	0,188	0,248	0,151	0,057	0,024
12	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND	NA	0,000	NA	NA	0,000	NA	0,000	NA
15	ND	ND	ND	ND	0,000	NA	0,001	NA	NA	NA	0,000	0,000
18	0,000	0,000	0,000	NA	0,000	NA	NA	NA	NA	NA	0,000	NA
26	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
32	ND	ND	ND	0,000	0,081	0,000	0,064	0,053	0,111	0,118	0,051	ND
34	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	ND	ND	ND	ND	ND
37	ND	ND	0,000	0,102	0,282	ND	0,026	0,044	0,038	ND	0,024	0,000
38	ND	ND	ND	0,228	0,292	0,331	0,000	0,250	0,184	0,165	0,112	ND
39	ND	ND	ND	0,000	0,199	0,197	0,219	0,152	0,103	ND	ND	ND
40	ND	0,141	0,158	0,377	0,604	0,741	ND	0,278	0,180	0,150	0,174	0,106
42	ND	ND	ND	0,125	0,302	0,207	0,291	0,620	0,199	0,149	ND	ND
44	ND	ND	ND	0,020	0,176	0,230	0,163	0,061	0,063	ND	ND	ND
45	ND	ND	ND	0,000	0,084	0,065	0,086	ND	ND	ND	ND	ND
46	ND	ND	ND	0,027	0,129	0,127	0,526	0,089	0,118	0,063	ND	ND
47	0,015	0,009	0,000	0,056	0,261	0,317	0,397	0,105	0,157	0,108	0,071	0,025
48	ND	ND	ND	0,021	0,167	0,145	0,122	ND	0,024	0,000	ND	ND
49	ND	ND	ND	0,045	0,171	0,193	0,268	0,059	0,024	0,037	0,067	ND
50	ND	ND	ND	ND	0,064	ND	0,031	ND	ND	0,000	ND	ND
51	ND	ND	ND	ND	0,174	0,171	0,113	ND	ND	0,045	ND	ND
52	ND	ND	ND	ND	0,203	0,195	ND	0,086	0,027	ND	ND	ND
53	ND	ND	ND	0,000	0,115	0,101	0,097	0,000	NA	NA	ND	ND
54	ND	ND	0,000	0,000	0,019	0,196	0,162	0,021	0,007	0,000	ND	ND
55	ND	ND	ND	ND	0,016	0,010	0,000	ND	ND	0,022	0,000	ND
56	ND	ND	ND	ND	0,041	ND	ND	ND	ND	0,005	ND	ND
57	ND	ND	ND	ND	0,038	0,015	ND	ND	ND	0,020	ND	ND

Tableau 24 : Résultats du quantile 20 sur 2014 pour la prédiction de la probabilité de dépassement sur données 2010-2013, sans les données du large, zones 59-119

zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
59	ND	ND	ND	ND	0,045	0,000	ND	ND	ND	NA	ND	ND
60	ND	ND	ND	ND	0,015	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
63	ND	ND	0,000	0,063	0,281	0,375	0,413	0,057	0,112	0,098	0,010	ND
64	ND	ND	ND	ND	0,008	0,040	0,036	ND	ND	ND	ND	ND
65	NA	NA	0,000	0,014	0,290	0,312	0,180	0,124	0,221	0,087	0,045	NA
66	ND	ND	ND	ND	0,233	0,322	0,177	0,013	0,118	0,000	ND	ND
67	ND	ND	ND	ND	0,071	0,159	0,114	0,000	ND	NA	ND	ND
68	0,000	0,000	0,000	0,007	0,151	0,135	0,080	0,008	0,000	0,000	0,000	NA
69	ND	ND	ND	ND	0,099	0,106	0,070	0,018	ND	ND	ND	ND
70	ND	ND	ND	ND	0,040	0,026	0,047	ND	ND	ND	ND	ND
72	ND	ND	0,000	NA	0,166	0,244	0,100	0,034	NA	NA	ND	ND
74	ND	ND	ND	0,031	0,018	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	ND
75	ND	ND	ND	0,121	0,308	0,185	0,021	ND	0,010	0,027	0,000	ND
76	ND	ND	ND	ND	0,023	0,042	0,000	0,000	ND	ND	ND	ND
77	ND	ND	ND	ND	0,061	0,024	ND	ND	ND	ND	ND	ND
79	ND	ND	ND	0,011	0,097	0,141	0,027	0,002	ND	ND	ND	ND
80	ND	ND	ND	0,000	0,061	0,042	ND	0,000	0,000	ND	ND	ND
81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,045	ND	ND	ND	ND
82	0,000	0,000	0,000	NA	0,032	0,014	NA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
83	ND	ND	ND	ND	0,000	0,000	ND	ND	ND	ND	ND	ND
84	ND	ND	ND	0,150	0,225	0,138	0,059	ND	0,000	0,000	ND	ND
87	0,002	0,005	NA	0,376	0,250	0,089	0,039	0,025	0,012	0,000	0,004	0,008
88	ND	0,000	ND	0,269	0,186	0,071	0,026	0,013	0,001	ND	ND	ND
90	ND	ND	0,000	0,099	0,046	0,000	0,000	ND	0,000	ND	ND	ND
95	ND	ND	ND	0,000	0,049	0,674	0,307	0,081	ND	0,000	ND	ND
97	0,327	0,161	0,141	0,180	0,142	0,087	0,051	0,001	0,028	0,136	0,180	0,425
99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA
101	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,000	ND	ND	0,052	ND	ND
102	ND	ND	ND	ND	0,052	0,096	0,180	0,036	ND	0,168	ND	ND
104	ND	ND	0,000	0,000	0,077	0,083	0,051	0,000	NA	0,000	ND	ND
105	0,190	0,064	0,005	0,040	0,051	0,051	0,034	0,031	0,004	0,031	0,108	0,145
106	ND	ND	ND	ND	ND	0,200	0,065	0,006	0,052	0,028	ND	ND
107	ND	ND	ND	ND	0,019	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND
109	ND	ND	ND	0,000	0,017	0,215	0,137	0,014	0,039	0,000	0,000	ND
112	0,000	0,000	0,090	0,028	ND	0,002	0,089	0,020	ND	0,000	ND	0,000
118	0,048	0,056	0,055	0,011	0,029	0,014	0,000	0,012	0,003	0,072	0,008	0,004
119	0,009	0,068	0,037	0,007	0,000	0,028	ND	0,008	0,000	ND	0,020	0,000