

Direction Départementale des Territoires et de la mer
M. Christophe MANSON, Mme Stéphanie MAGRI,
Mme Flore DAGORN, Mme Myrtis DEMIRIS
89 Avenue des Cordeliers,
17000 La Rochelle

La Tremblade, le 04/10/2022
N/Réf. ODE/LITTORAL/LER/PC-22.007
Expertise Ifremer N° 22-010

Objet: Expertise sur le retour d'expérience de la contamination ASP dans les Pertuis Charentais fin 2021.

Dossier suivi par :

Ifremer LER-PC: Audrey Bruneau, Aude Piraud, Aurore Gueux, Ines le Fur, Stéphane Guesdon

Ifremer LER-BO: Amélie Derrien, Aouregan Terre, Malwenn Lassudrie

Ifremer- PHYTOX : Philipp Hess

Ifremer Coordination REPHY : Maud Lemoine, Nadine Neaud-Masson

Ifremer Dyneco/LEBCO : Aline Blanchet, Philippe Cugier

LEMAR: Margot Deléglise, Hélène Hégaret, Caroline Fabioux

Mesdames,

Suite à votre demande du 10 février 2022 adressée à l'Ifremer, veuillez trouver dans ce courrier les éléments d'expertise sur le retour d'expérience de la contamination ASP dans les Pertuis Charentais fin 2021.

Nous restons à votre disposition pour tous renseignements complémentaires.

Nous vous prions d'accepter, Mesdames, nos salutations distinguées.

Bénédicte CHARRIER

Responsable de Station de La Tremblade



Contexte de la demande

Suite à l'épisode de contamination par la toxine amnésiante (ASP) des coquilles Saint-Jacques (CSJ) observé fin 2021 dans les Pertuis Charentais, plusieurs questions sur la durée de l'évènement, les modalités de dosage des toxines, les mécanismes naturels de contamination et décontamination ont été évoqués. Certaines réponses ont été apportées au cours de deux réunions de crise qui se sont tenues le 03/12/2021 et le 13/12/2021. Aussi, à la suite de cet évènement, la direction départementale des territoires et de la mer de Charente Maritime (DDTM17) a sollicité l'expertise de l'Ifremer par courrier le 10/02/22 afin d'apporter un retour d'expérience basé sur les connaissances scientifiques dans le cadre d'une réunion associant les services de l'état, le Comité Départemental des Pêches Maritimes et des élevages marins de Charente Maritime (CDPMEM17) et les pêcheurs professionnels détenteurs de la licence « coquilles Saint Jacques ».

Suite à cette demande, deux réunions de retour d'expérience ont eu lieu le 07/04/2022 à la DDTM17 de La Rochelle en présence des services de l'état et des experts scientifiques et le 30/06/2022 en présence des services de l'état, des professionnels, des laboratoires départementaux et des experts scientifiques.

L'expertise de l'Ifremer rassemble les éléments présentés lors des différentes réunions. Elle porte sur un rappel du suivi REPHY dans les Pertuis Charentais ainsi que sur la stratégie de suivi des gisements au large et à grande profondeur des pétoncles et CSJ opérée dans le cadre du REPHYTOX. Cette expertise rappelle également le contexte de l'évènement, les périodes d'interdiction de pêche liées aux contaminations ASP des CSJ, le suivi environnemental et de la ressource en 2021, l'historique des contaminations ASP dans les Pertuis Charentais et à l'échelle nationale. Un état des lieux des connaissances actuelles sur les toxines amnésiantes et les modalités de contamination/décontamination particulières des coquilles Saint-Jacques et une présentation des projets en cours (ex : MASCOET) sont décrits. Enfin, des éléments de perspectives sont proposés afin d'anticiper au mieux de futurs épisodes de contamination.

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr



I. Suivis REPHY-REPHYTOX dans les Pertuis Charentais

1.1) La surveillance du phytoplancton et des phycotoxines : le REPHY et le REPHYTOX

Les deux réseaux REPHY « réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales » et REPHYTOX « réseau de surveillance des phycotoxines dans les organismes marins » bien que distincts, sont étroitement associés, puisque la surveillance du phytoplancton toxique dans l'eau, toujours assurée par le REPHY, est utilisée pour le déclenchement d'analyses de toxines dans les organismes marins dans le cadre du REPHYTOX, et pour une meilleure compréhension des épisodes de contamination des organismes marins.

Les stratégies, les procédures d'échantillonnage, la mise en œuvre de la surveillance pour tous les paramètres et les références aux méthodes sont décrites dans les documents de procédures REPHY¹ et REPHYTOX² et autres documents de prescription associés³.

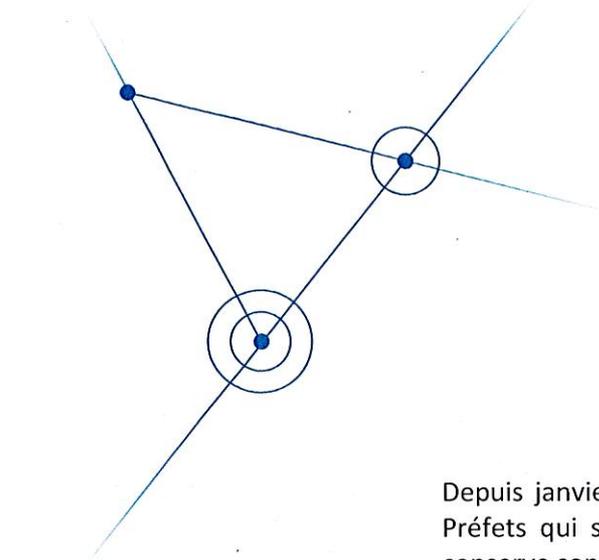
Le REPHY est structuré en 3 composantes :

- Le REPHY Observation, qui a pour objectif de répondre à des questions de recherche ;
- Le REPHY Surveillance, qui complète le réseau d'observation pour répondre aux directives européennes (DCE et DCSMM) pour le phytoplancton et l'hydrologie ;
- Le REPHY Sanitaire, qui complète les deux autres pour le déclenchement de prélèvements de coquillages effectués dans le cadre du REPHYTOX.

¹ Belin Catherine, Neaud-Masson Nadine (2017). **Cahier de Procédures REPHY. Document de prescription.** Version 1. ODE/VIGIES/17-01. <https://doi.org/10.13155/50389>

² Neaud-Masson Nadine, Lemoine Maud (2020). **Procédure nationale de la surveillance sanitaire des phycotoxines réglementées dans les zones de production de coquillages. Prescriptions du réseau de surveillance des phycotoxines dans les organismes marins (REPHYTOX).** Novembre 2020 - ODE/VIGIES/20-11. <https://doi.org/10.13155/56600>

³ Neaud-Masson Nadine, Piquet Jean-Come, Lemoine Maud (2020). **Procédure de prélèvement pour la surveillance sanitaire des zones de production de coquillages. Prescriptions des réseaux de surveillance microbiologique (REMI) et phycotoxinique (REPHYTOX).** ODE/VIGIES/20-08 - RBE/SGMM/LSEM/20-04. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00640/75229/>



Depuis janvier 2018, la mise en œuvre du REPHYTOX est sous la responsabilité des Préfets qui s'appuient sur les services de l'état (DDTM et/ou DD(CS)PP). L'Ifremer conserve son rôle d'Assistance à Maîtrise d'ouvrage (AMOA).

Le REPHYTOX comporte de nombreux points de prélèvement de coquillages destinés à la recherche des phycotoxines et situés exclusivement dans leur milieu naturel (parcs, gisements) : seules les zones de production et de pêche professionnelle sont concernées. En France, trois familles de toxines sont suivies actuellement, permettant de répondre aux problématiques de santé humaine et d'intégrer les phycotoxines réglementées :

- les toxines lipophiles incluant les toxines diarrhéiques ou DSP (Diarrheic Shellfish Poisoning),
- les toxines paralysantes ou PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) ;
- les toxines amnésiantes ou ASP (Amnesic Shellfish Poisoning).

La stratégie actuelle de surveillance des toxines peut se décliner en trois grandes catégories :

- La recherche ciblée des trois familles de toxines (toxines lipophiles, PSP, ASP) en fonction du contexte phytoplancton est fondée sur l'hypothèse que l'observation de certaines espèces phytoplanctoniques toxiques dans l'eau, au-dessus des seuils d'alertes définis, est un indicateur qui permet d'anticiper la contamination des coquillages. Le dépassement du seuil d'alerte phytoplancton déclenche le plus rapidement possible la recherche des toxines correspondantes dans les coquillages. Cette stratégie est parfaitement adaptée à la surveillance des toxines dans les élevages et les gisements côtiers, et est fiable particulièrement pour la surveillance des PSP et ASP.
- La recherche systématique des toxines lipophiles, appliquée dans tous les cas où l'hypothèse du phytoplancton comme indicateur d'alerte n'est pas vérifiée ou pas fiable. Un suivi systématique est alors assuré sur les lieux à risque et en période à risque. Celles-ci sont définies à partir des données historiques sur les trois années précédentes et réactualisées tous les ans. Ce dispositif de surveillance des toxines lipophiles est complété par un système de veille d'émergence des biotoxines marines qui consiste en l'échantillonnage et l'analyse mensuelle, toute l'année, de coquillages (généralement des moules) sur douze points de référence répartis sur tout le littoral.

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

- La recherche systématique des trois familles de toxines (lipophiles, PSP, ASP) avant et pendant la période de pêche, dans les coquillages des lieux pour lesquels l'exploitation est faite occasionnellement et de manière saisonnière. (ex : élevages et gisements côtiers)
- La recherche systématique des trois familles de toxines (lipophiles, PSP, ASP) sur les coquillages des gisements au large et à grande profondeur, avant et pendant la période de pêche. Cette surveillance existe depuis 2003 et se base sur l'hypothèse que les prélèvements de phytoplancton ne sont pas représentatifs des contaminations pouvant survenir au fond.

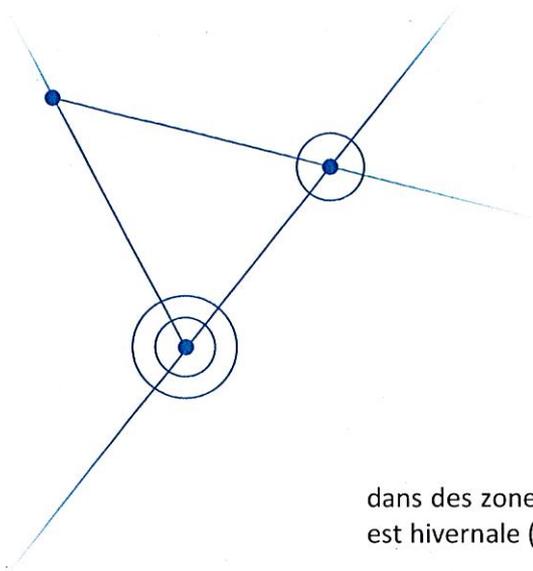
1.2) Suivi REPHY –REPHYTOX des coquilles Saint Jacques et des pétoncles dans les Pertuis Charentais

La stratégie du REPHY dans les Pertuis Charentais est représentée sur la carte 1 (Figure 1). Trois lieux sont suivis au sein du Pertuis Breton, « **Filière W** », « **L'Eperon (terre)** » et « **La Carrelère** » ; deux lieux sont suivis au sein du Pertuis d'Antioche, « **Nord Saumonards** » et « **Le Cornard** ». Le lieu « **Les Fontenelles** » est suivi au niveau de l'embouchure de la Charente, le lieu « **Boyard** » est suivi dans le secteur du bassin de « **Marennes Oléron** ». Plus au sud, le lieu « **Auger** » est suivi au sein du Pertuis de Maumusson

La zone de gisement des CSJ dans les Pertuis est représentée sur la carte 2 (Figure 2). La stratégie de surveillances des zones de production conchylicoles (REPHYTOX) est définie dans des documents de procédures nationales qui ont leur application locale⁴.

Pour les gisements de pétoncles et de CSJ au large et à grande profondeur, la distance de la côte et la profondeur ne permettent pas un échantillonnage d'eau représentatif en phytoplancton. La stratégie est alors basée sur une surveillance systématique des trois familles de toxines dans les coquillages (lipophiles, PSP, ASP) avant et pendant la période de pêche. La recherche systématique des trois familles de toxines est réalisée sur deux prélèvements effectués dans le mois précédent et espacés d'au moins une semaine de l'ouverture de la pêche, et pendant toute la période de pêche, sur l'espèce de coquillage principalement pêchée, à raison d'un échantillon par quinzaine. Dans le Pertuis Breton et le Pertuis d'Antioche, la stratégie de suivi des gisements est déployée

⁴ Piraud Aude (2022). **Stratégie d'échantillonnage des lieux du REPHY Sanitaire et du REPHYTOX pour le département de Charente Maritime et de Sud Vendée**. Version 08. Procédure de surveillance sanitaire (contrôle officiel) Date d'application : 01/01/2022. ODE/UL/LER/PC/21-12. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00740/85184/>



dans des zones surfaciques (Figure 2) et a lieu durant deux périodes de l'année : l'une est hivernale (janvier-février) et l'autre automnale (octobre-décembre).

● Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

● Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

● Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

● www.ifremer.fr

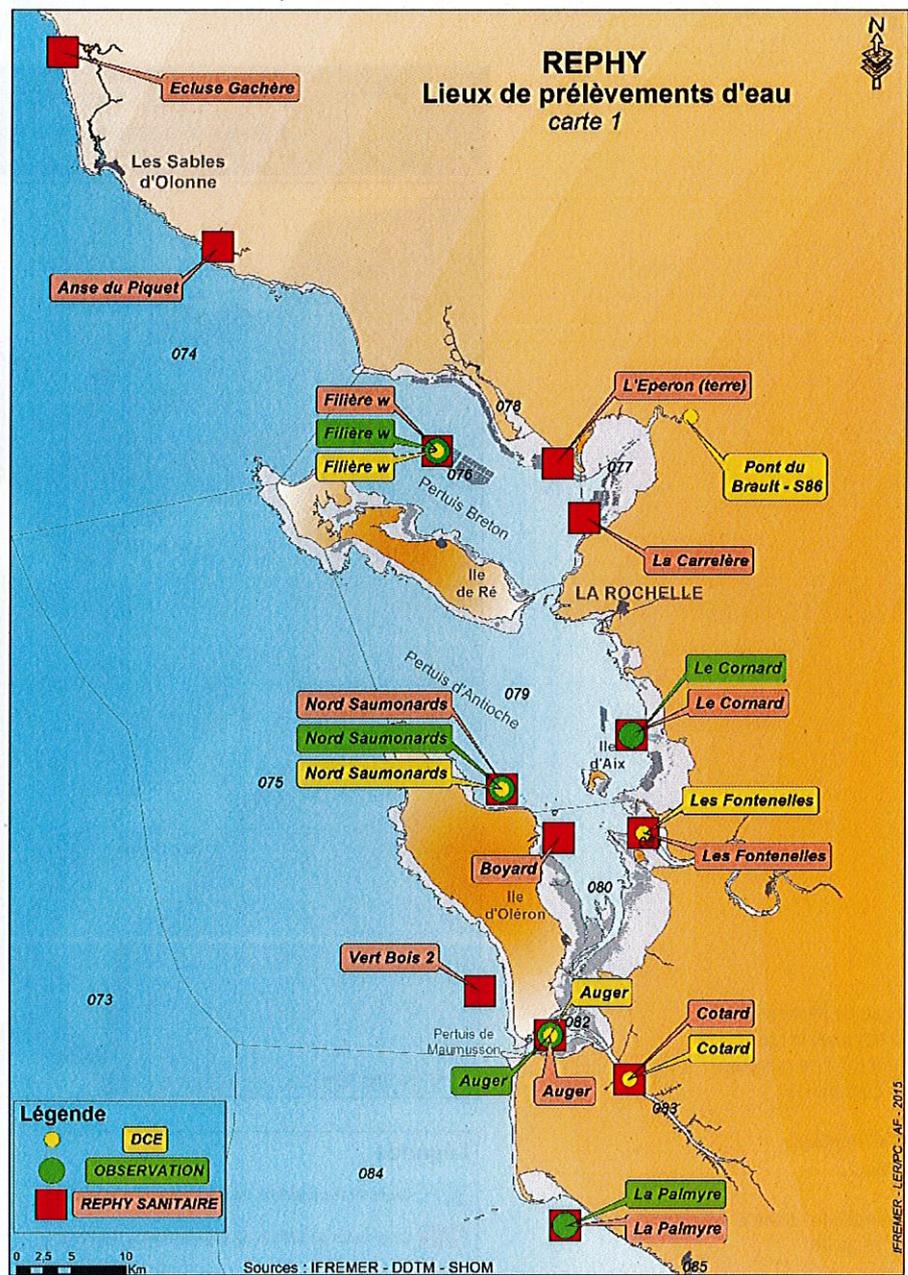


Figure 1. Cartographie des points de suivi du REPHY dans les Pertuis Charentais.

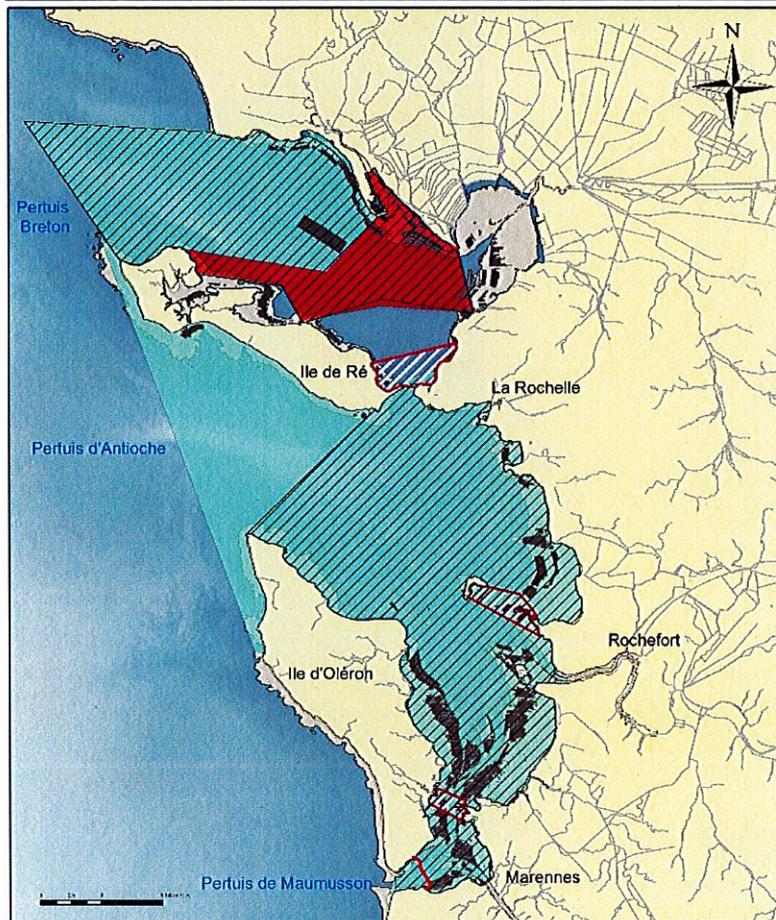
Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronces Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

Zones géographiques des gisements de CSJ dans les pertuis Charentais



Légende

-  Gisements coquillers de CSJ ouverts à la pêche
-  Gisements coquillers de CSJ fermés à la pêche
-  Zones de gisements communs pétoncles et csj
-  Cadastre conchylicole
-  Zones de câbles sous-marins

Figure 2. Cartographie des zones des gisements des CSJ et pétoncles dans les Pertuis Charentais.

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

II. Qu'est-ce que *Pseudo-nitzschia* spp. (PSNZ)

Les diatomées du genre *Pseudo-nitzschia* (classe des Bacillariophyceae) sont des organismes unicellulaires eucaryotes. Ce sont des organismes phytoplanctoniques. Les cellules de formes allongées peuvent s'associer les unes aux autres par leurs extrémités pour former des chaînes. Comme de nombreux autres organismes phytoplanctoniques, les *Pseudo-nitzschia* peuvent former des efflorescences massives de plusieurs centaines de milliers à plusieurs millions de cellules par litre d'eau de mer et dominer de façon transitoire les autres communautés phytoplanctoniques. Une des difficultés pour appréhender les facteurs influant la dynamique des efflorescences à *Pseudo-nitzschia* est la capacité à identifier les différentes espèces. Cette identification passe en effet par l'utilisation de critères morphologiques bien précis visibles uniquement par microscopie électronique ou par l'utilisation d'outils de biologie moléculaire⁵.

Une des particularités de ces espèces est leur capacité à produire de l'acide domoïque, une neurotoxine puissante qui s'accumule dans les bivalves filtreurs qui se nourrissent de phytoplancton. Cette bioaccumulation peut provoquer des effets nocifs sur les organismes marins et est responsable, chez l'Homme, d'intoxications graves suite à la consommation de fruits de mers contaminés (nausées, troubles neuroaux, amnésies, etc., d'où le nom « Amnesic Shellfish Poisoning » ASP donné à cette famille de toxines).

Le genre *Pseudo-nitzschia* peut être divisé en deux grands groupes sur la base de la morphologie observée dans les analyses de routine en microscopie optique (dans le cadre du réseau REPHY). Le complexe *P. delicatissima* avec les espèces dont la largeur valvaire est inférieure à 3 µm (ou groupes des fines), et le complexe *P. seriata* comprenant celles ayant une largeur valvaire supérieure à 3 µm (ou groupe des larges et des effilées) (Hasle 1965) (Figure 3). Les larges comportent les espèces les plus toxiques⁶.

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

⁵ <https://www.ifremer.fr/mascoet/Les-especes-etudiees/Pseudo-nitzschia>

⁶ Belin Catherine, Chapelle Annie, Delmas Daniel, Nezan Elisabeth, Siano Raffaele (2013). **DYNAPSE - DYNAMIQUES des efflorescences et de la toxicité des espèces phytoplanctoniques nuisibles du genre *Pseudo-nitzschia* en région Loire Bretagne**. ODE/DYNECO/PELAGOS 2013-01. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00189/30035/>

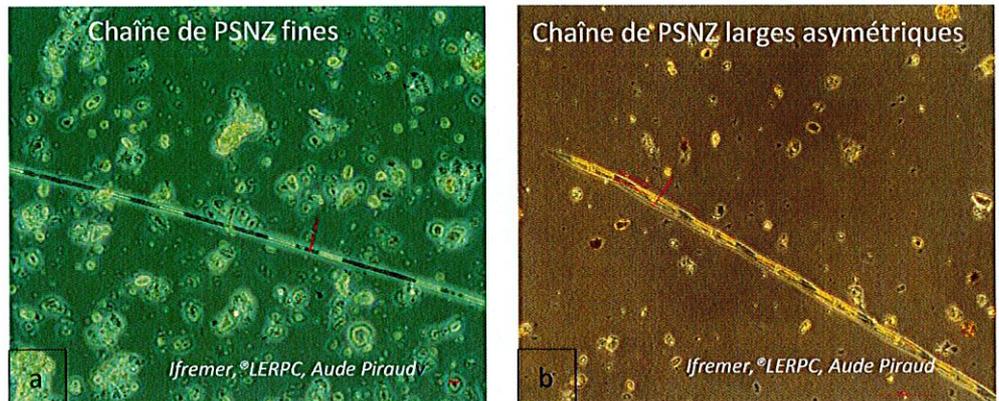
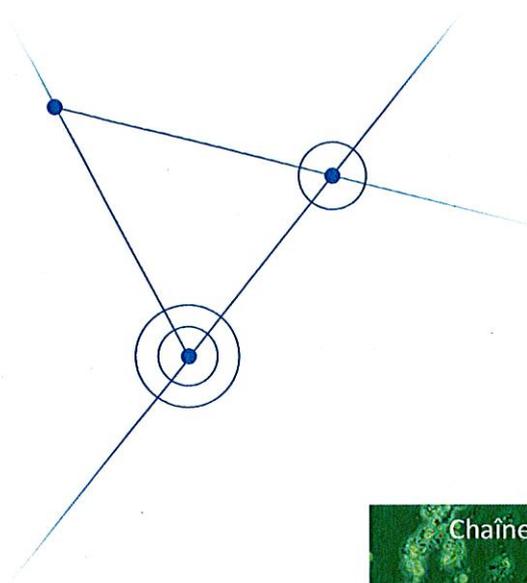


Figure 3. Chaînes de pseudo-nitzschia groupes des fines (a) et groupes des larges (b). Observation au microscope optique (©Ifremer, LERPC, Aude Piraud)

A ce jour, le genre *Pseudo-nitzschia* (PSNZ) comprend une trentaine d'espèces, avec une distribution cosmopolite.

Les espèces potentiellement présentes dans les eaux françaises considérées comme toxiques de par leur capacité à produire de l'acide domoïque (AD) sont : *P. australis*, *P. calliantha*, *P. cuspidata*, *P. delicatissima*, *P. fraudulenta*, *P. galaxiae*, *P. multiseriis*, *P. multistriata*, *P. pseudodelicatissima*, *P. pungens*, *P. seriata* et *P. turgidula* (IOC-UNESCO⁷).

Seuils d'alerte pour les *Pseudo-nitzschia*

Groupe de genres cibles Producteurs de **toxines amnésiantes (ASP)**

Pseudo-nitzschia (groupe des fines + sigmoïdes + complexe americana) : **300 000 cell/L**

Pseudo-nitzschia (groupes des larges + effilées) : **100 000 cell/L.**

Si les cellules larges sont asymétriques suspicion de *P. australis* : 50 000 cell/L.

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France

R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

⁷ <https://www.marinespecies.org/hab/aphia.php?p=taxdetails &id=149151>

III. Contexte de l'évènement

Selon le déroulement des faits durant l'automne 2021, différents évènements sont à noter (voir Figure 4) :

- Une commission Coureau s'est tenue le 11/10/2021 avec une décision prévisionnelle d'ouverture de pêche le 18/11/2021.
- Un suivi des gisements a été réalisé en période de préouverture de pêche (un mois et 15 jours avant la date d'ouverture). Des dépassements du seuil sanitaire pour les toxines ASP (seuil : 20 mg d'équivalent AD / kg de chair totale égouttée de coquillage) ont été observés dans les coquilles Saint Jacques des deux Pertuis (Breton et Antioche)⁸, (Tableau 1) voir suivi envlit 17-Charente Maritime et 85 S-Vendée Sud (<https://envlitalerte.ifremer.fr/accueil>); numéro de bulletin n°2021-Dépt 17-85 S-068 et n°2021-Dépt 17-85 S-075:
- Début octobre 2021 et dès réception des résultats des premiers recontrôles faits en prévision de l'ouverture de la pêche des péctinidés en novembre, des échanges entre l'Ifremer et les services de l'état ont eu lieu.
- Au regard des résultats supérieurs au seuil réglementaire obtenus dans le Pertuis d'Antioche (Tableau 1), seul le Pertuis Breton fut ouvert à la pêche le 10/11/2021. Par la suite une fermeture de la pêche a été déclarée le 18/11/2021 puis une réouverture le 15/12/2021 dans le Pertuis Breton uniquement.

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronces Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

⁸suivi envlit 17-Charente Maritime et 85 S-Vendée Sud : <https://envlit-alerte.ifremer.fr/accueil>

Tableau 1 : Suivi de la contamination à l'acide domoïque dans les Coquilles Saint-Jacques dans les Pertuis Charentais en période préouverture de pêche. NB : allègement du suivi suite à une forte contamination en ASP dans le Pertuis d'Antioche en date du 08/11/2021.

Code lieu	Lieu de surveillance	Date de prélèvement Résultats (AD en mg/kg)	Pré-ouverture			Ouverture
			Date et Résultats	Date et Résultats	Date et Résultats	Date et Résultats
076-S-080	Pertuis Breton	04/10 41,9	18/10 32,7	01/11 3,9	08/11 4,4	15/11 30
079-S-075	Pertuis d'Antioche	04/10 29,6	18/10 142,6	01/11 128,6	-	15/11 102,5

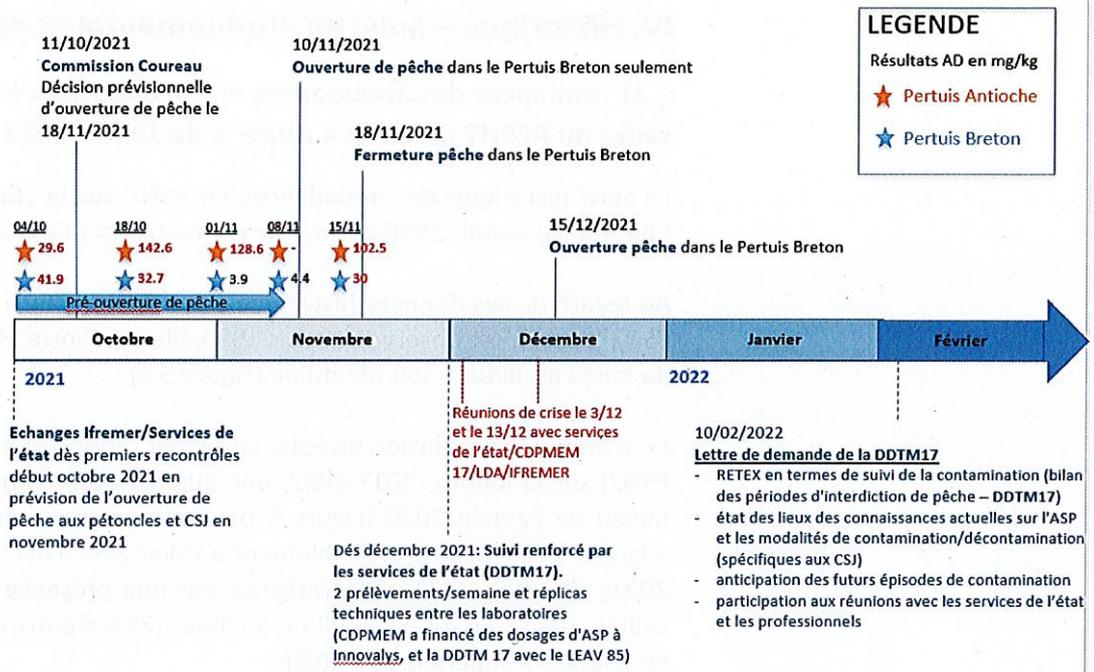
- Dès décembre 2021, un suivi renforcé a été demandé par les services de l'Etat (DDTM17) afin de réaliser deux prélèvements par semaine. Des répliques techniques ont été réalisés par deux laboratoires différents (Innovalys et LEAV85).
- Deux réunions de crise se sont tenues les 3 et 13 décembre 2021 avec les services de l'Etat (DDTM17), le Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Charente-Maritime (CDPMEM 17), les Laboratoires départementaux d'analyses (LEAV85 et QUALYSE) et Ifremer.
- Le 10 février 2022, la DDTM17 a sollicité l'expertise de l'Ifremer par courrier afin d'apporter un retour d'expérience en termes de suivi de la contamination (bilan des périodes d'interdiction de pêche; établir un état des lieux des connaissances actuelles sur l'ASP et les modalités de contamination/décontamination des coquilles Saint Jacques; apporter des éléments afin d'anticiper les futurs épisodes de contamination et enfin participer aux réunions avec les services de l'état et les professionnels).

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr



Suivi des gisements en période de préouverture de pêche (un mois et 15 jours avant la date d'ouverture) : Dépassements du seuil sanitaire pour l'ASP dans les deux Pertuis (Breton et Antioche, CSJ), voir suivi envlit 17-Charente Maritime et 85 S-Vendée Sud (<https://envlit-alerte.ifremer.fr/accueil/>)

Figure 4. Déroulement des évènements 2021

● Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
 Etablissement public à caractère industriel et commercial

● Station de La Tremblade
 Ronce Les Bains
 B.P. 7
 17390 La Tremblade - France
 +33 (0)5 46 76 26 10

● Siège Social
 1625 route de Sainte-Anne
 CS 10070
 29280 Plouzané
 France
 R.C.S. Brest B 330 715 368
 APE 7219Z
 SIRET 330 715 368 00032
 TVA FR 46 330 715 368
 +33 (0)2 98 22 40 40

● www.ifremer.fr

IV. Historique – Suivi environnemental et de la ressource

4.1) Tendances des abondances en *Pseudo Nitzschia* (PSNZ) observées dans le cadre du REPHY au point « Auger » de 1996 à 2022

Le suivi historique des abondances en PSNZ sur la station d'Auger (sud des Pertuis Charentais) depuis 1996 permet de contextualiser l'efflorescence de 2021.

Au regard de ces données historiques, aucune tendance significative des abondances à PSNZ (Spp.) n'est observée depuis 1996, bien qu'entre 2005 et 2007 une augmentation de faible amplitude soit identifiée (Figure 5 a).

Concernant la proportion de PSNZ large (par rapport celle de l'ensemble des cellules de PSNZ) sur la fenêtre 2017-2022, une augmentation significative est relevée depuis le milieu de l'année 2020 (Figure 5 b). Cette progression des abondances relatives de « larges » cellules est probablement à relier avec l'événement de toxicité observé en 2021 ; En effet, 2021 est caractérisé par une présence d'au moins 60% de « larges » cellules dans tous les échantillons analysés (75% d'entre eux présentant des proportions en « larges » supérieures à 90%).

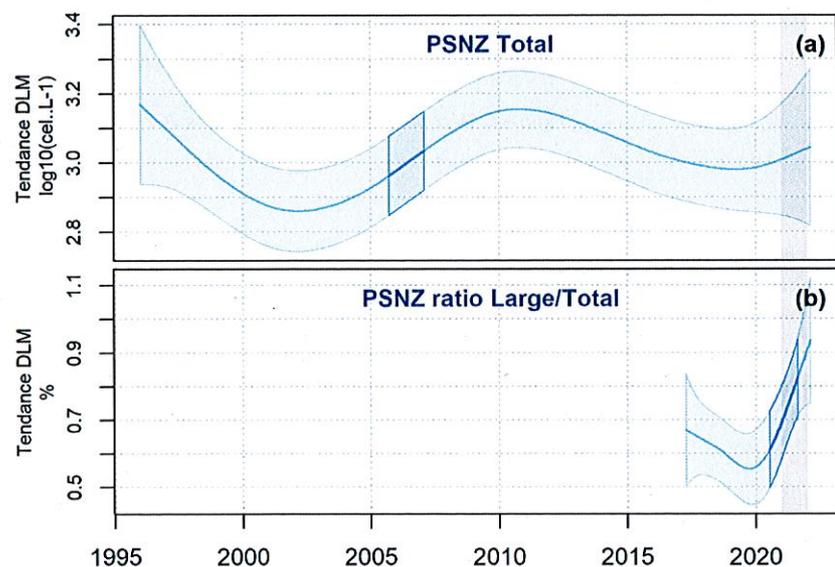


Figure 5 : Evolution des tendances d'abondance de PSNZ et du ratio PSNZ large/Spp à la station Auger entre 1995 et 2021.

● Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

● Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

● Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

● www.ifremer.fr

4.2) Dynamique des PSNZ (larges) dans les Pertuis

L'épisode d'efflorescence à PSNZ (« larges ») de 2021 dans les Pertuis Charentais est caractérisé par une apparition plus précoce (fin février) sur les stations situées au sud-ouest de la zone (La Palmyre, Auger et Nord Saumonards) avec pour la station d'Auger des abondances d'environ 10 000 cel. L⁻¹ (Figure 6).

Le pic annuel de l'efflorescence s'étend de début mai à mi-juin (avec des abondances > 20 000 cel. L⁻¹).

Dans le pertuis Breton, l'abondance maximale relevée (32 800 cel. L⁻¹ le 2 juin) est plus faible que sur les autres secteurs, notamment à la station La Palmyre où 495 300 cel. L⁻¹ sont dénombrées le 3 mai (max. observé dans les Pertuis en 2021) (Figure 6).

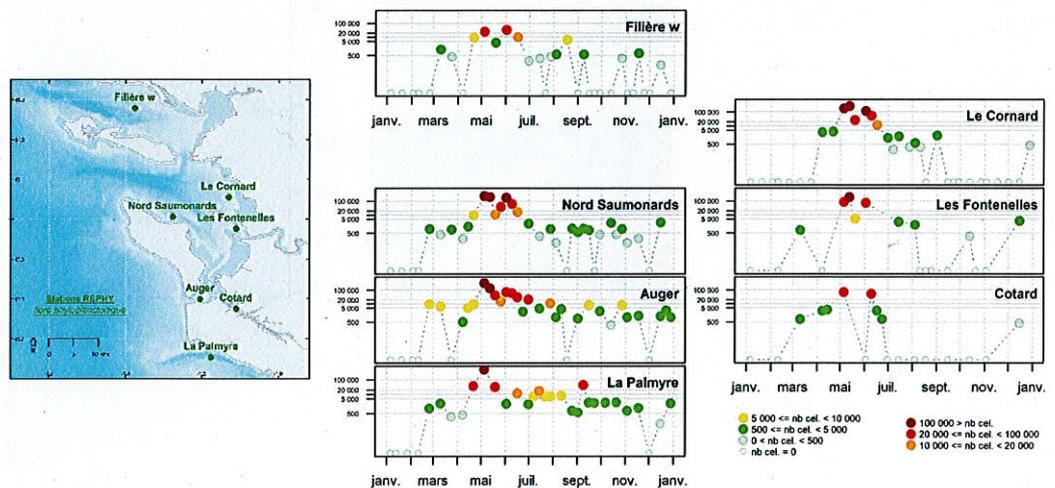
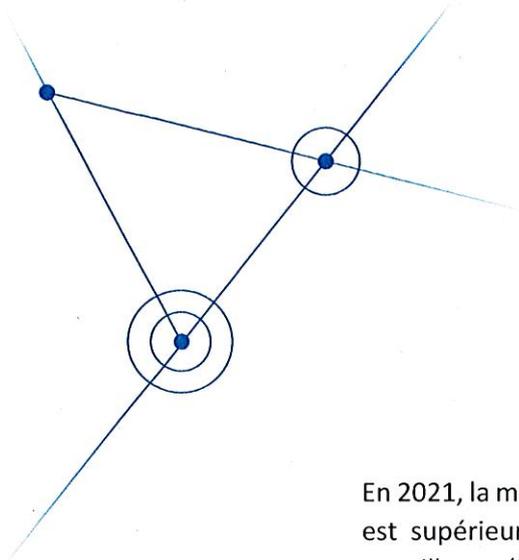


Figure 6 : Observations des PSNZ larges aux différents points de suivi du REPHY dans les Pertuis Charentais durant l'année 2021.

4.3) Dynamique de l'AD dans les coquilles Saint-Jacques dans les Pertuis en 2021-2022

En préambule, il convient de préciser que le suivi des concentrations en AD dans les coquilles Saint-Jacques est limité à la période d'exploitation, ne permettant pas d'analyser d'éventuels liens entre les abondances en PSNZ et les concentrations en toxine.



En 2021, la majorité des concentrations en toxines ASP mesurées sur les CSJ à l'automne est supérieure au seuil réglementaire de 20 mg d'équivalent AD / kg de chair de coquillage (Figure 7). On relève notamment des niveaux de concentrations particulièrement élevés sur le pertuis d'Antioche avec des valeurs supérieures à 100 mg d'équivalent AD / kg de chair de coquillage, du 18 octobre au 29 novembre. Sur les pertuis Breton, dont les concentrations n'ont jamais dépassées les 42 mg d'équivalent AD / kg de chair de coquillage, le retour en dessous du seuil de 20 mg apparaît après le 6 décembre (Figure 7).

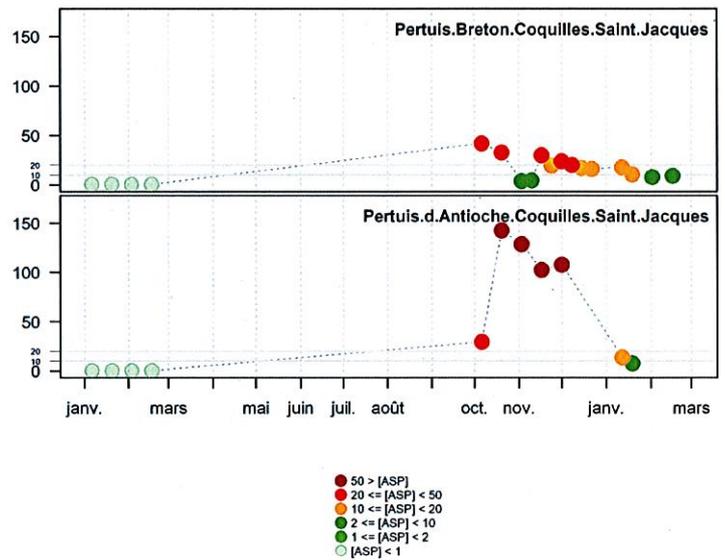
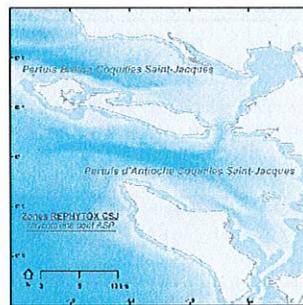


Figure 7 : Mesure de l'ASP dans les CSJ dans les deux Pertuis dans le cadre du suivi REPHYTOX durant l'année 2021 et début 2022.

D'un point de vue spatial, outre les prélèvements de début d'année, ceux de l'automne ont été réalisés sur des zones relativement restreintes d'environ 3 à 4 km² (Figure 8) quel que soit le pertuis. L'intérêt ici est d'illustrer qu'il peut exister sur des échantillonnages spatialement proches des variations significatives de concentration en toxine, comme l'illustrent les résultats du pertuis Breton (Figure 8, graphique en haut à droite) : les échantillons de novembre (en vert et orange illustrant des niveaux de concentrations entre 2 et 10 mg, et entre 10 et 20 mg, respectivement) sont encadrés spatialement et

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

temporellement (octobre et décembre) par des échantillons de niveau de concentrations supérieures à 20 mg (étiquette colorée rouge).

Ces résultats, susceptibles d'illustrer une potentielle hétérogénéité spatiale des CSJ vis-à-vis des toxines ASP, interrogent sur la représentativité des coordonnées de pêche de chaque échantillon par rapport aux traits de chalut réalisées.

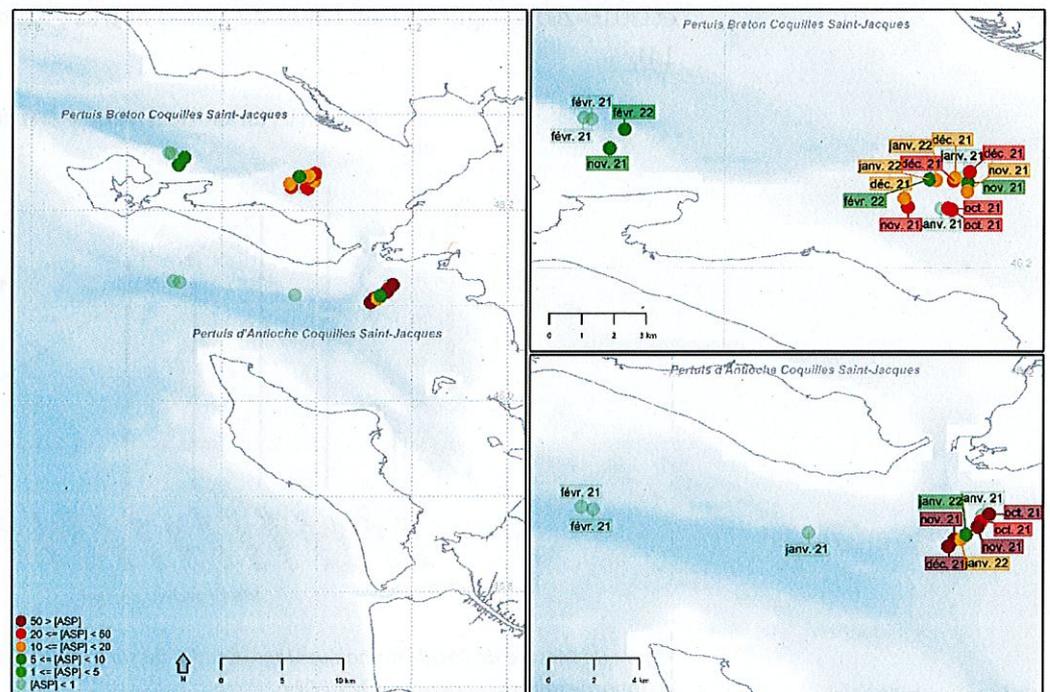


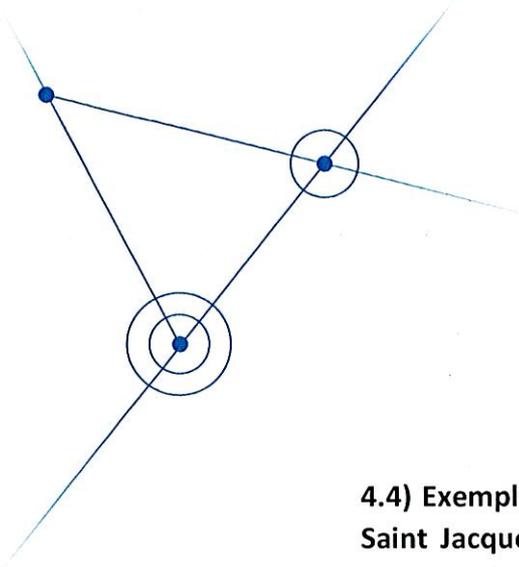
Figure 8 : Localisation des échantillonnages de CSJ sur la base des informations fournies par les professionnels. Chaque étiquette colorée représentant un échantillonnage avec comme code couleur le niveau de toxicité en AD (cf. légende de la figure 7)

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr



4.4) Exemples d'épisodes de contamination par les toxines ASP des coquilles Saint Jacques dans les Pertuis Charentais et au sein d'autres gisements en France métropolitaine.

L'analyse des données issues du REPHYTOX⁹ (obtenues par extraction de la base de données Quadrigé²) permet de comparer le phénomène de contamination ASP dans les CSJ observé fin 2021-début 2022 dans le Pertuis d'Antioche (Figure 9) avec d'autres épisodes de contaminations ASP chez les CSJ durant les périodes 2010-2011 (Figure 10) et 2015-2016 (Figure 11 et 12) et au sein d'autres gisements en France (Figures 13 et 14).

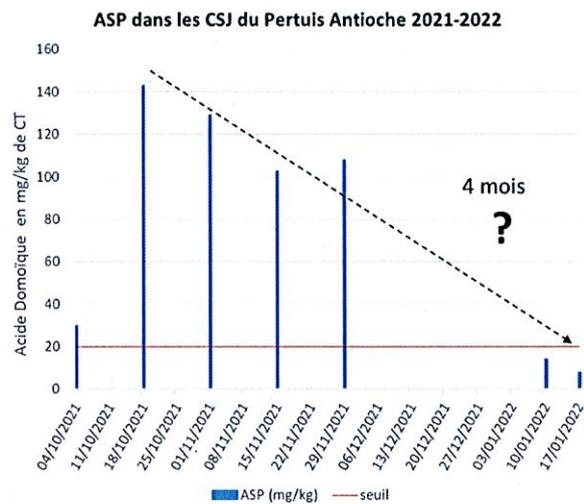


Figure 9 : Mesure de l'acide domoïque dans le cadre du suivi REPHYTOX dans les CSJ du gisement du Pertuis d'Antioche durant les années 2021-2022.

● Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

● Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

● Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané

France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

● www.ifremer.fr

⁹ REPHYTOX - French Monitoring program for Phycotoxins in marine organisms (2021). REPHYTOX dataset. French Monitoring program for Phycotoxins in marine organisms. Data since 1987. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/47251>

Pertuis – focus 2010-2011

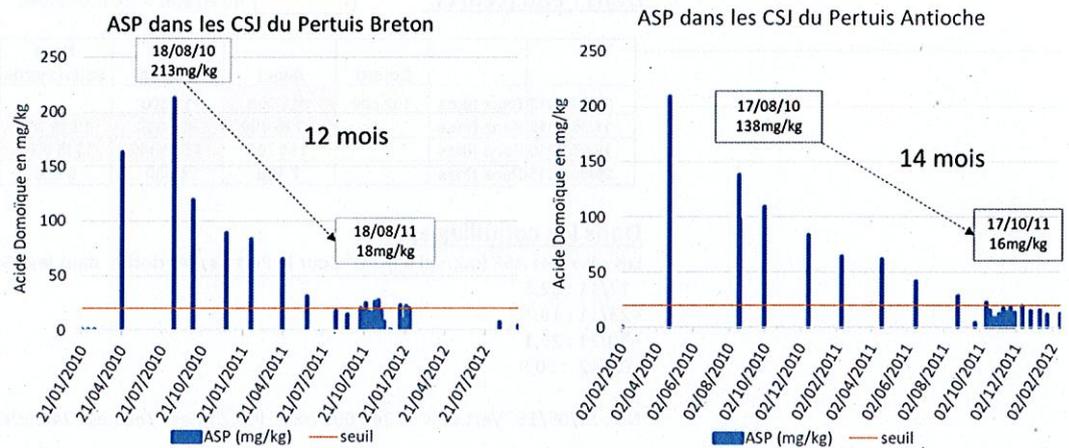


Figure 10 : Mesure de l'acide domoïque dans le cadre du suivi REPHYTOX dans les CSJ du gisement du Pertuis Breton et du Pertuis d'Antioche durant les années 2010-2011 suite à l'épisode Xynthia.

Pertuis – focus 2015-2016

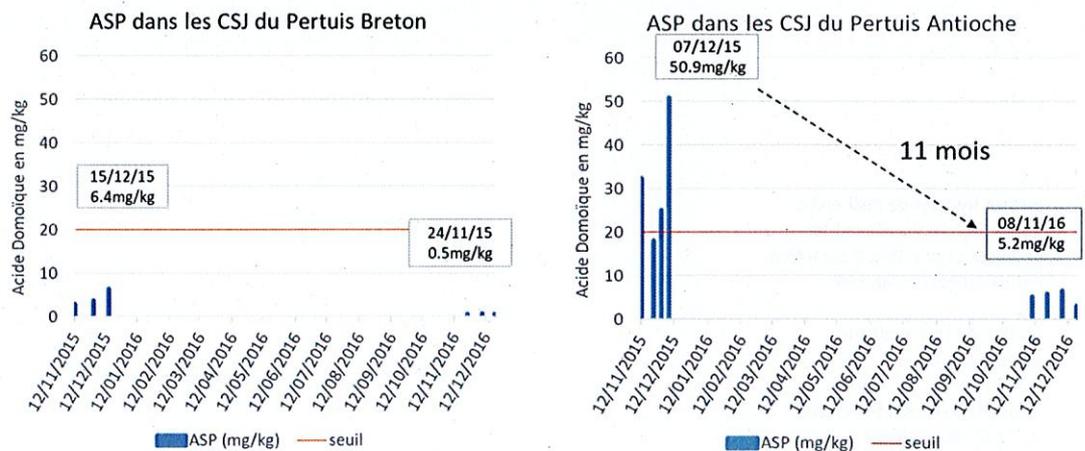


Figure 11 : Mesure de l'acide domoïque dans le cadre du suivi REPHYTOX dans les CSJ du gisement du Pertuis Breton et du Pertuis d'Antioche durant les années 2015-2016.

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France

R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

Pertuis – focus 2015-2016

Dans l'eau (cell/L):



Nb espèces > 100 000 cellules



Nb espèces > 250 000 cellules

		Cotard	Auger	Boyard	Nord Saumonards	Le Cornard	Ile d'Alx	La Palmyre	Vert Bois 2
04/05/2015	Psanz fines	192 500	383 000	12 300		2 200	0	400	
11/05/2015	Psanz fines		1 716 400	437 800	1 010 300	36 500	104 300	1 648 000	3 344 000
18/05/2015	Psanz fines		144 200	1 043 400	325 600	3 300	244 600		
26/05/2015	Psanz fines		7 100	6 400	6 600	500	4 600		

Dans les coquillages :

Les résultats ASP (mg/kg) dans Q² pour le Pertuis d'Antioche dans les CSJ en 2015 :

- 12/11 : 32,3

- 23/11 : 18,1

- 30/11 : 25,1

- 07/12 : 50,9

NB : 11/05/15 "Vert Bois" 3 344 000 cell/L PSNZ fines - Tellines : 24 mg/Kg (AD) le 11/05/15

Figure 12 : Nombre de cellules de *Pseudo Nitzschia* (groupe des fines) dans l'eau (cf. tableau) dans les Pertuis Bretons, d'Antioche et de Maumusson ainsi qu'aux points La Palmyre et Vert Bois 2. Mesures de l'acide domoïque dans le cadre du suivi REPHYTOX dans les CSJ du gisement du Pertuis d'Antioche et dans les tellines au point Vert Bois durant les années 2015-2016.

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

Morbihan 2010-2012

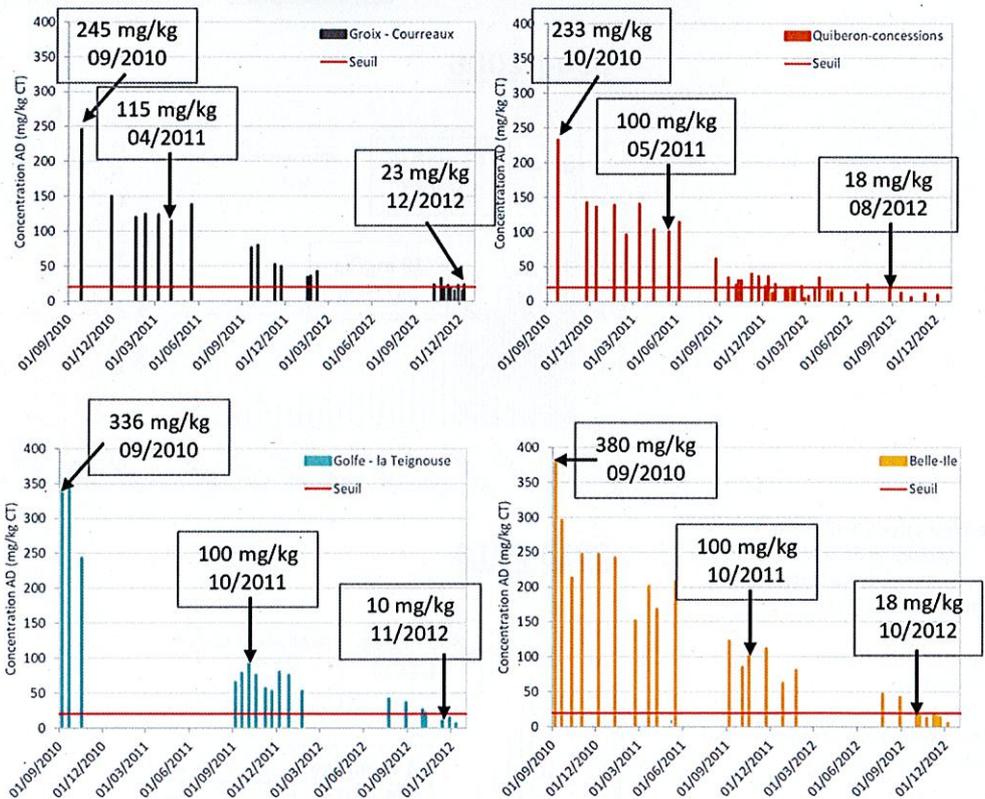


Figure 13 : Mesure de l'acide domoïque dans le cadre du suivi REPHYTOX dans les CSJ du Morbihan (Bretagne sud) au sein des gisements de Groix (gris), Quiberon (orange), du Golfe la Teignouse (Bleu) et de Belle-Ile (jaune) durant les années 2010-2012.

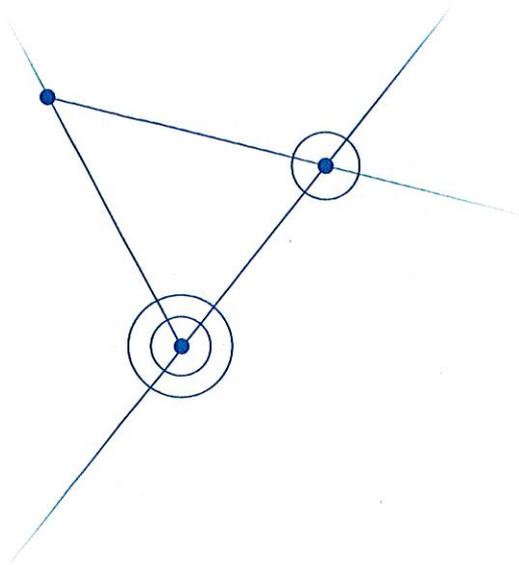
Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

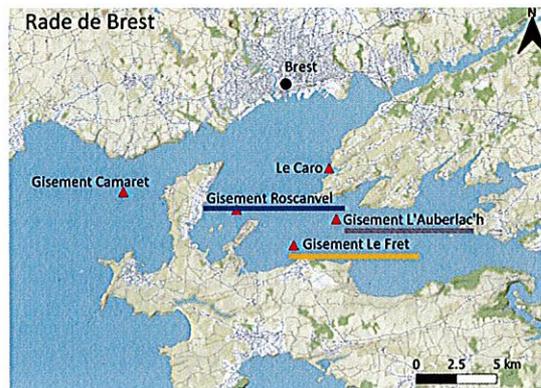
Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France

R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

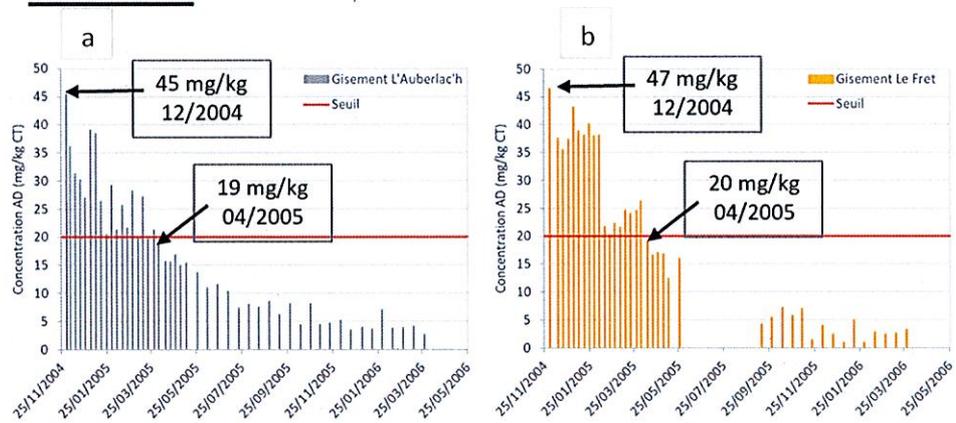
www.ifremer.fr



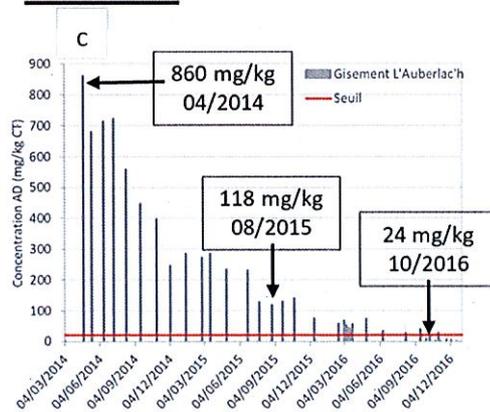
Rade de Brest



2004-2006



2014-2016



Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

2017-2018

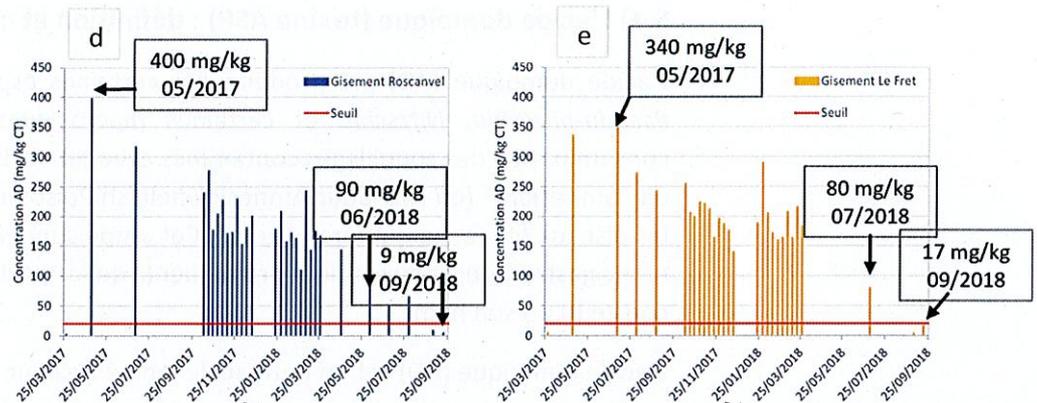


Figure 14 : Mesure de l'acide domoïque dans le cadre du suivi REPHYTOX dans les CSJ de la rade de Brest (Finistère) au sein des gisements de L'Auberlac'h (a) et Le Fret (b) durant les années 2004-2006, de l'Auberlac'h (c) durant les années 2014-2016, dans les gisements de Roscanvel (d) et Le Fret (e) durant les années 2017-2018.

L'ensemble de ces exemples montre que chez les coquilles Saint Jacques, la décontamination en acide domoïque jusqu'à un niveau inférieur au seuil sanitaire (20 mg/kg) est très lente. Lors de contamination à des concentrations équivalentes à celles observées en 2021 dans le Pertuis d'Antioche, il faut au moins 12 mois pour atteindre le seuil sanitaire de 20 mg AD/ kg.

Ainsi, les valeurs faibles mesurées en janvier 2022 dans le Pertuis d'Antioche (Figure 9) ne sont pas cohérentes avec la décontamination lente de l'acide domoïque connue chez les coquilles Saint Jacques. De telles valeurs pourraient être expliquées en partie par la variabilité interindividuelle entre coquilles Saint Jacques (voir section V, §4), ou par des prélèvements issus de points différents au sein du gisement du Pertuis d'Antioche, en cas d'hétérogénéité spatiale de la contamination ASP au sein de cette zone (voir section V, §5).

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France

R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

V. Discussion – Etat des connaissances

5.1) L'acide domoïque (toxine ASP) : définition et caractéristiques

L'acide domoïque (AD) est produite par certaines espèces de diatomées du genre *Pseudo-nitzschia*, *Nitzschia* et certaines macroalgues (ex. *Chondria armata*). La consommation des coquillages contaminés avec cet acide provoque l'empoisonnement dit "amnésiant" (ou ASP pour Amnesic Shellfish Poisoning) qui peut toucher l'Homme, les oiseaux et les mammifères marins. Cet empoisonnement entraîne rapidement des effets gastro-intestinaux et peut provoquer (à de fortes doses) des pertes de la mémoire courte (d'où son nom).

L'acide domoïque (AD) est un petit acide aminé cyclique (Figure 15) :

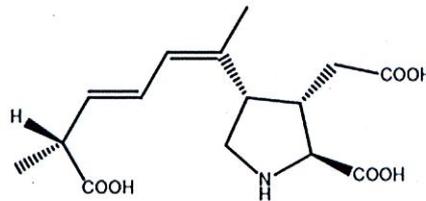


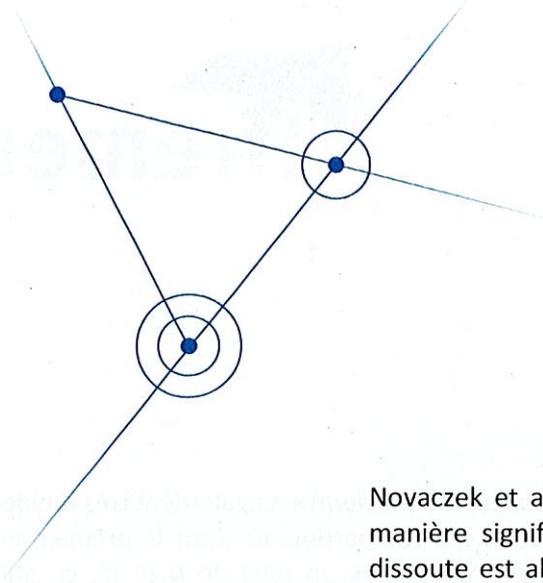
Figure 15 : Structure chimique de l'acide domoïque. Son caractère hydrophile est avéré par le groupement d'acide aminé, les deux groupements carboxyliques supplémentaires et sa petite taille moléculaire.

L'amine secondaire ainsi que les trois groupements d'acides carboxyliques lui confèrent un caractère hydrophile, c'est-à-dire soluble dans l'eau. En tant que contaminant chimique il aura donc peu d'affinité à s'accumuler dans les corps gras ou sur des surfaces organiques.

Le seuil réglementaire pour les toxines du groupe de l'acide domoïque (acide domoïque et son épimère acide épi-domoïque) est de 20 mg/kg de chair fraîche (chair totale ou toute partie comestible séparément).

5.2) Variabilité du taux de détoxification de l'acide domoïque selon les espèces de bivalve.

La recherche de littérature a relevé 31 études en relation avec l'AD, elles sont listées dans la section « Bibliographie » de ce document. La plupart des espèces de coquillages retiennent peu l'AD, à l'exception de la coquille Saint-Jacques. Ainsi, huit études répertoriées concernent cette espèce.

A geometric diagram consisting of three blue dots connected by thin blue lines. One dot is at the top left, another at the top right, and the third at the bottom center. The top-right dot is enclosed in a single blue circle, and the bottom-center dot is enclosed in two concentric blue circles.

Novaczek et al., 1991, sont les premiers à remarquer que l'AD n'est pas retenu de manière significative par les moules car seulement 1% de l'AD offert sous forme dissoute est absorbé sur une période de 24h. Les mêmes auteurs montrent que des moules naturellement contaminées éliminent environ 50% de la toxine en moins de 24h, avec un temps de demi-vie inférieur à 1 jour (Novaczek et al., 1992). Un autre groupe Canadien remarque également assez tôt que les pectinidés retiennent l'AD beaucoup plus que les moules (Wohlgeschaffen et al., 1992). L'étude de Krogstad et al., 2009, ré-examine les données de Wohlgeschaffen et al., 1992 et obtient des taux de détoxification pour l'AD dans les moules encore plus élevés, c'est-à-dire entre 87 et 200 % par jour.

Blanco et al., 2002a, trouvent approximativement **un temps de demi-vie de 1,3 jour pour la moule *M. galloprovincialis*** si l'on recalcule leurs données graphiques avec un modèle à un compartiment. Les mêmes auteurs suggèrent **un temps de demi-vie d'environ 90-115 jours pour la coquille Saint-Jacques (CSJ), *Pecten maximus*** (Blanco et al., 2002b). Une deuxième étude du même groupe confirme le temps de demi-vie d'environ 100 jours pour cette espèce.

Une thèse en Irlande a examiné la variabilité de l'AD dans *P. maximus* due à la grande variabilité de terrain observée pour cette espèce dans plusieurs études européennes qui ont amené à revoir la législation de 1997 pour l'AD explicitement pour les pectinidés (Bogan 2006). Une première étude qui examine l'influence de la profondeur des CSJ ne conclue pas à une différence significative, même si parfois des CSJ cultivées en suspension retiennent plus d'AD que celles pêchées sur le sol (Bogan et al., 2006), tandis qu'on comprend d'une étude de Blanco et al., 2006, que des CSJ suspendues dépurent l'AD plus rapidement que celles maintenues sur le sol. Néanmoins, une étude plus étendue qui examine les CSJ pêchées à différentes profondeurs décèle des différences significatives et suggère que **la concentration en AD dans les CSJ est inversement corrélée avec la profondeur**, ce qui est cohérent avec l'idée que **des cellules de *Pseudo-nitzschia* spp. vivantes seraient la source principale de l'accumulation de l'AD dans la CSJ** (Bogan et al., 2007a). **La taille (et donc l'âge) des CSJ semble également affecter la concentration en AD** (Bogan et al., 2007b) mais cet effet n'est pas conclusif sur le taux de détoxification, voir aussi Duinker et al., 2007 pour ce phénomène d'âge dans les moules contaminées à une autre phycotoxine, l'acide okadaïque. Une étude sur l'île du Man enfin souligne l'importance de la compréhension de l'hydrographie des zones de pêche pour la gestion de la surveillance des CSJ.

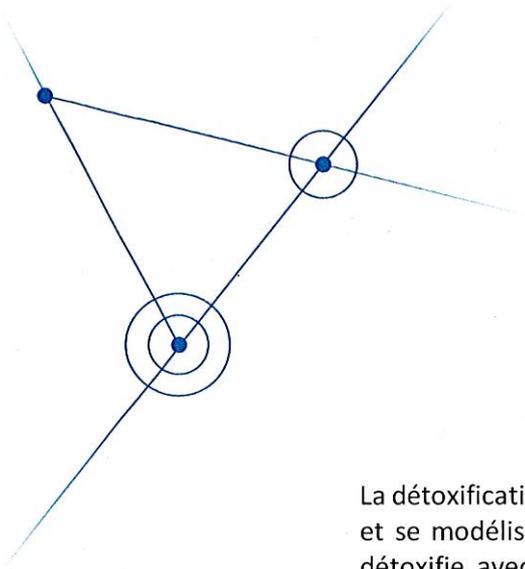
Mafra et al., 2010, ont comparé la capacité des moules (*M. edulis*) et des huîtres (*C. virginica*) à éliminer l'AD et constatent que la moule a des taux plus élevés de détoxification (140 à 160% par jour) que l'huître (25 à 88% par jour). Par contre, la même étude constate également que les moules accumulent des concentrations plus élevées d'un facteur 7 à 17.

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr



La détoxification de l'AD des donaces (*Mesodesma donacium*) est également très rapide et se modélise au mieux avec un modèle à deux compartiments dont le premier se détoxifie avec un taux de $1,27 \text{ j}^{-1}$ et le deuxième avec un taux de $0,24 \text{ j}^{-1}$, ce qui correspond à des temps de demi-vie pour le premier compartiment d'environ 0,55 jours et pour le deuxième compartiment de 2,9 jours.

5.3) Variabilité du contenu en acide domoïque dans les tissus de *Pecten maximus*.

Selon Blanco et al. 2020, les concentrations maximales en acides domoïques sont observées dans les glandes digestives. A l'échelle européenne, des données collectées dans le cadre de la révision en 2002 de la réglementation de 1997 démontrent cette même répartition tissulaire et confirment une forte variabilité de l'AD dans les différents tissus (jusqu'à 74% dans la chair totale et 144% dans les muscles adducteurs) (Tableau 2).

● Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

● Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

● Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

● www.ifremer.fr

Tableau 2 : Synthèse des statistiques pour les expérimentations à l'échelle européenne : nombre de coquilles Saint Jacques (n) pour chaque site, nombre de CSJ en dessous de la limite de détermination (n below), min et max des concentrations en AD à chaque site ($\mu\text{g. g}^{-1}$), concentration médiane estimée (m) à chaque site ($\mu\text{g. g}^{-1}$), coefficient de variation pour chaque site (cv) for chaque CSJ, les muscles adducteurs et les gonades.

Table 4.1 Summary statistics for the Europe-wide experiments: number of scallops (n) at each site, number of scallops below the determination limit (n below), min and max range of DA concentrations at each site ($\mu\text{g g}^{-1}$), estimated median concentration (m) at each site ($\mu\text{g g}^{-1}$), coefficient of variation for each site (cv) for whole scallops, adductor muscles and gonads

site	n	adductor muscle					gonad					whole tissue				
		n below	min	max	m	cv	n below	min	max	m	cv	n below	min	max	m	cv
Spain																
Coron 2	8	7	0	21.6	0	-	0	53.0	283.3	124.3	51	0	417.7	585.6	479.7	11
Coron 3	6	6	0	0	0	-	0	46.1	145.2	74.3	42	0	256.0	690.2	408.3	38
Coron 4	6	6	0	0	0	-	0	18.8	49.5	26.9	42	0	210.4	481.7	354.6	30
Coron 5	6	0	1.7	39.4	5.4	144	0	14.7	81.3	38.4	73	0	60.8	195.7	103.8	74
Set 1B	15	1	0	3.2	1.1	92	0	0.9	35.8	7.6	120	0	89.2	310.1	163.4	38
Set 2B	4	0	0.3	2.8	1.0	122	0	6.6	69.9	18.3	132	0	134.8	262.9	186.4	33
Set 3B	14	1	0	4.3	1.5	126	0	0.6	17.7	6.7	111	0	35.2	234.6	146.3	51
Set 4B	10	9	0	0.7	0	-	0	1.0	14.9	4.1	102	0	159.3	271.6	213.3	19
Set 5B	14	13	0	0.5	0	-	2	0	7.4	1.6	126	0	61.4	176.5	113.2	33
Set 7	8	0	14.2	43.3	21.4	43	0	44.7	214.7	75.5	51	0	152.0	353.0	228.8	34
R. of Ireland																
Snecm	10	8	<2.0	6.3	<2.0	-	4	<2.0	41.6	<2.0	-				n/a	
Valentia	10	10	<2.0	<2.0	<2.0	-	6	<2.0	18.5	<2.0	-				n/a	
Northern Ireland																
North	6	4	<0.33	1.4	<0.33	-	0	1.1	9.9	3.8	83	0	139.1	212.3	165.5	18
Centre A	6	0	0.9	3.6	1.5	67	0	12.4	45.4	22.5	46	0	113.1	317.8	215.3	39
Centre B	6	0	0.9	3.9	1.8	63	0	11.5	64.1	25.7	62	0	236.7	327.9	261.4	13
South	6	4	<0.33	0.5	<0.33	-	0	9.9	47.0	15.3	67	0	316.7	450.3	388.9	14
Centre - repeat	6	0	5.7	20.0	9.0	49	0	3.7	52.0	12.3	171	0	88.7	196.0	120.2	27
Wild	2	0	7.6	9.1	8.3	-	0	16.0	16.1	16.0	-	0	151.9	166.2	158.9	-
Scotland																
NM 17	19	0	3.0	13.9	5.7	46	0	8.9	65.0	19.8	59	0	14.7	63.2	27.1	40
SM 2	20	0	5.4	25.9	12.4	45	0	16.0	193.0	51.9	73	0	69.9	168.6	110.8	25
SM 4	20	3	1.0	4.5	1.8	71	8	1.0	13.5	1.4	-	0	47.7	140.3	91.5	28
SM 67	10	1	1.0	3.9	1.7	68	1	1.0	15.2	2.8	113	0	154.0	249.6	187.3	19

5.4) Variabilité inter-individuelle entre des coquilles Saint Jacques issues d'un même gisement – apport du projet MASCOET

Le projet MASCOET (Maintien du Stock de Coquillages en lien avec la problématique des Efflorescences Toxiques, 2019-2024), financé par France Filière Pêche et porté par le laboratoire LEBCO/DYNECO d'IFREMER, étudie les phénomènes de contamination ASP chez les pectinidés associés aux efflorescences de *Pseudo-nitzschia* spp., et les possibilités de maintien de la pêche coquillière malgré ces phénomènes.

Une tâche de ce projet est dédiée à l'étude des processus de contamination et décontamination de l'AD chez les CSJ, notamment afin de mieux comprendre la cause de la dépuration lente des CSJ comparée à d'autres bivalves.

Dans ce cadre, des mesures d'AD ont été réalisées chez des CSJ à l'échelle individuelle, ce qui permet d'apprécier la **variabilité importante entre individus**, avec par exemple des concentrations pouvant varier **d'un facteur deux à trois** (Figure 16).

Représentation de la variabilité interindividuelle de la [AD] chez la CSJ lors du suivi à Lanvéoc (Rade de Brest) en 2017

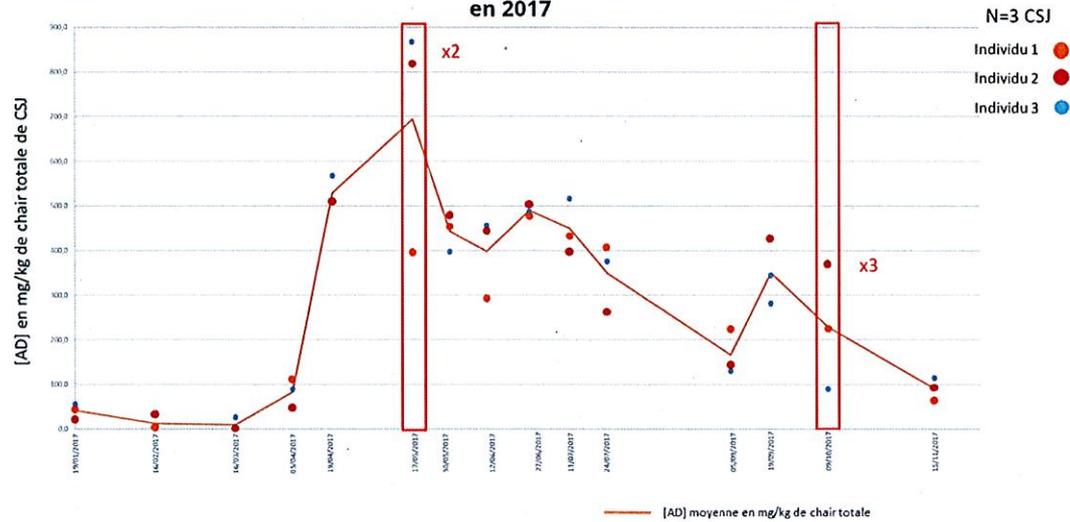


Figure 16 : Mesure de la concentration en AD dans des CSJ à l'échelle individuelle, lors d'un suivi à Lanvéoc (rade de Brest) en 2017. Données MASCOET, thèse de Margot Deléglise.

5.5) Variabilité de la contamination ASP des coquilles Saint Jacques issues de gisements proches.

Des exemples de forte variabilité des concentrations en AD entre gisements de CSJ situés dans des secteurs géographiques proches (environ 30 km de distance maximum) sont régulièrement observés sur d'autres sites (exemples : en Baie de Concarneau et Hors Baie de Seine, Figures 17 et 18). A noter que le gisement du Pertuis d'Antioche s'étend sur une distance comparable d'environ 30 km du nord au sud. Selon les résultats observés en baie de Concarneau, le site le plus contaminé n'est pas toujours le même selon les années (Figure 17).

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

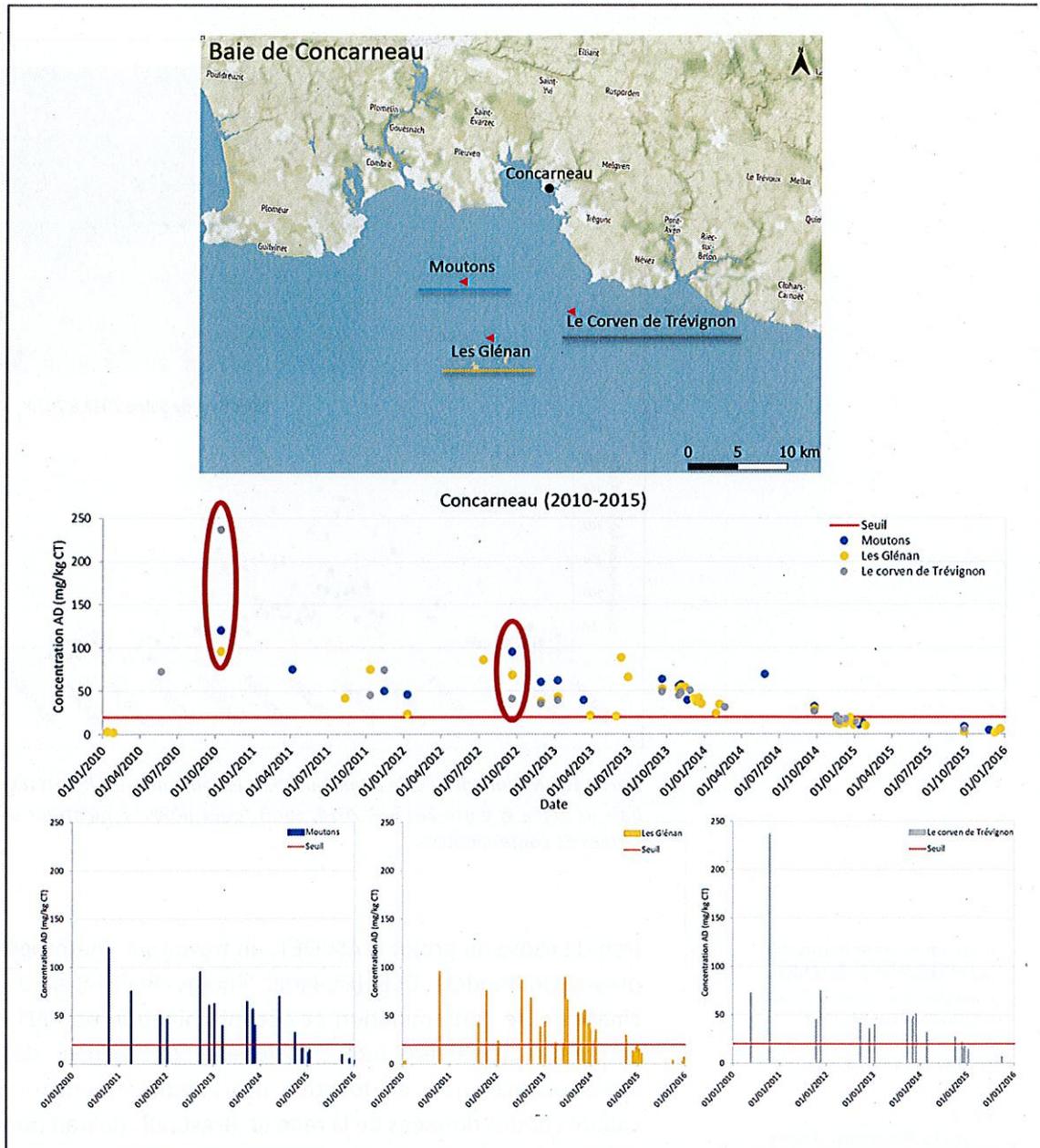


Figure 17 : Mesure de l'acide domoïque dans le cadre du suivi REPHYTOX dans les CSJ des gisements de la Baie de Concarneau entre 2010 et 2015, sur 3 zones proches, montrant une forte hétérogénéité spatiale en termes de contamination. Les ellipses rouges soulignent que le gisement le plus contaminé peut varier d'un épisode de contamination à l'autre.

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France

R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

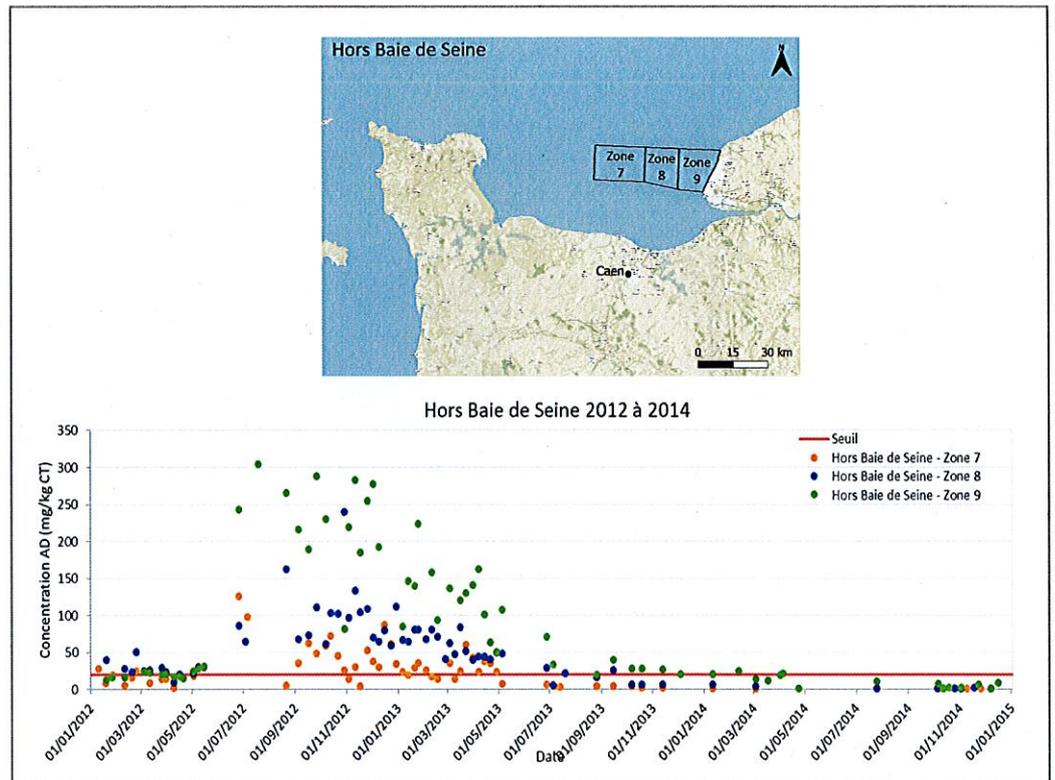


Figure 18 : Mesure de l'acide domoïque dans le cadre du suivi REPHYTOX dans les CSJ des gisements « Hors Baie de Seine », entre 2012 et 2014, sur 3 zones proches, montrant une forte hétérogénéité spatiale en termes de contamination.

Dans le cadre du projet MASCOET, un travail sur l'hétérogénéité spatiale est également prévu. Un modèle DEB (Dynamic Energy Budget) sera développé pour estimer la cinétique de contamination et décontamination de l'AD chez les CSJ, en prenant en compte la variabilité inter-individuelle. Ce modèle devrait permettre de simuler différents scénarios en fonction des conditions environnementales. Il sera d'abord calibré sur des données de la rade de Brest puis devrait pouvoir être appliqué à d'autres sites, comme les Pertuis Charentais. Ce travail sera développé dans le cadre d'une thèse qui débutera en octobre 2022 (fin prévue en 2025).

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

VI. Perspectives et conclusions

En conséquence des différentes informations apportées précédemment nous proposons des éléments de perspectives et de conclusions qui ont également été discutés lors des deux réunions de RETEX

- du 07/04/2022 à la DDTM17 de La Rochelle en présence des services de l'Etat et des experts scientifiques
- du 30/06/2022 en présence des services de l'Etat, des professionnels, des laboratoires départementaux et des experts scientifiques.

Pour les aspects environnementaux, nous proposons de mettre en place un contrôle de la toxine (acide domoïque) dans la chair des pectinidés, en particulier des coquilles Saint-Jacques (en plus des autres coquillages) après la fin d'un bloom de *Pseudo-nitzschia* (groupe des larges asymétriques), même en dehors de la période de pêche. Ceci ne relève pas de la stratégie REPHYTOX mais d'autocontrôle par les professionnels. Selon les différents échanges il serait intéressant de faire ce contrôle dans les CSJ une fois le bloom passé afin de suivre la bioaccumulation globale suite au bloom.

Il est également envisagé de rechercher à des fins scientifiques des espèces toxiques spécifiques de *Pseudo-nitzschia*, telle que *P. australis*. *P. australis*, qui n'est pas toujours identifiable par microscopie optique (Ifremer), est l'espèce de *Pseudo-nitzschia* la plus toxique qui produit des efflorescences sur le littoral français. Il est cependant à noter, que l'observation de cellules larges et asymétriques en microscopie optique de routine permet l'évaluation du risque.

Pour les aspects liés à la ressource, nous souhaitons préciser les informations attendues sur la procédure d'échantillonnage des coquillages dans le cadre du suivi sanitaire (précision sur les points GPS, nombre de coquilles, taille, âge). Ces informations permettront de mieux comprendre les dynamiques de contamination et décontamination. Lors de blooms, il nous semble incontournable de considérer l'hétérogénéité spatiale potentielle et la variabilité inter-individuelle dans les résultats d'analyses lors de contaminations à l'AD dans les coquilles Saint-Jacques.

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Roncé Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

Bibliographie

- Alvarez, G., Rengel, J., Araya, M., Alvarez, F., Pino, R., Uribe, E., Diaz, P.A., Rossignoli, A.E., Lopez-Rivera, A., Blanco, J., 2020. Rapid Domoic Acid Depuration in the Scallop *Argopecten purpuratus* and Its Transfer from the Digestive Gland to Other Organs. *Toxins* 12, 16.
- Alvarez, G., Uribe, E., Regueiro, J., Martin, H., Gajardo, T., Jara, L., Blanco, J., 2015. Depuration and anatomical distribution of domoic acid in the surf clam *Mesodesma donacium*. *Toxicon* 102, 1-7.
- Blanco, J., Acosta, C.P., de la Puente, M.B., Salgado, C., 2002. Depuration and anatomical distribution of the amnesic shellfish poisoning (ASP) toxin domoic acid in the king scallop *Pecten maximus*. *Aquat. Toxicol.* 60, 111-121.
- Blanco, J., Acosta, C.P., Marino, C., Muniz, S., Martin, H., Morono, A., Correa, J., Arevalo, F., Salgado, C., 2006. Depuration of domoic acid from different body compartments of the king scallop *Pecten maximus* grown in raft culture and natural bed. *Aquat. Living Resour.* 19, 257-265.
- Blanco, J., de la Puente, M.B., Arevalo, F., Salgado, C., Morono, A., 2002. Depuration of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) contaminated with domoic acid. *Aquat. Living Resour.* 15, 53-60.
- Blanco, J., Livramento, F., Rangel, I.M., 2010. Amnesic shellfish poisoning (ASP) toxins in plankton and molluscs from Luanda Bay, Angola. *Toxicon* 55, 541-546.
- Blanco, J., Marino, C., Martin, H., Alvarez, G., Rossignoli, A.E., 2021. Characterization of the Domoic Acid Uptake Mechanism of the Mussel (*Mytilus galloprovincialis*) Digestive Gland. *Toxins* 13, 11.
- Blanco, J., Mauriz, A., Alvarez, G., 2020. Distribution of Domoic Acid in the Digestive Gland of the King Scallop *Pecten maximus*. *Toxins* 12, 11.
- Bogan, Y., 2006. Factors affecting the concentration of domoic acid in scallop, *Pecten maximus*. Letterkenny Institute of Technology, p. Ph.D. thesis.
- Bogan, Y.M., Bender, K., Hervas, A., Kennedy, D.J., Slater, J.W., Hess, P., 2007. Spatial variability of domoic acid concentration in king scallops *Pecten maximus* off the southeast coast of Ireland. *Harmful Algae* 6, 1-14.

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

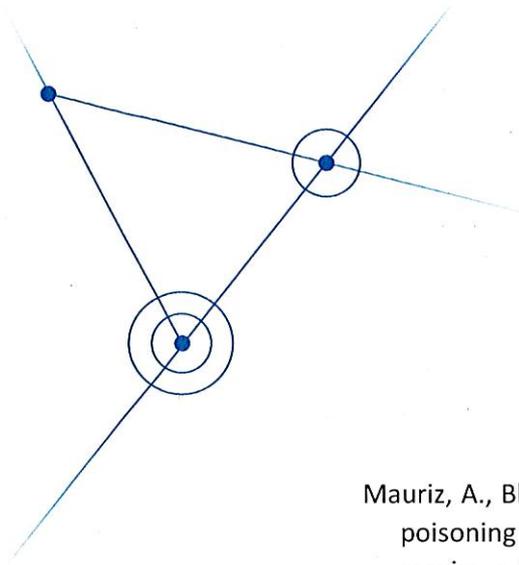
- Bogan, Y.M., Harkin, A.L., Gillespie, J., Kennedy, D.J., Hess, P., Slater, J.W., 2007. The influence of size on domoic acid concentration in king scallop, *Pecten maximus* (L.). *Harmful Algae* 6, 15-28.
- Bogan, Y.M., Kennedy, D., Harkin, A.L., Gillespie, J., Hess, P., Slater, J.W., 2006. Comparison of domoic acid concentration in king scallops, *Pecten maximus* from seabed and suspended culture systems. *J. Shellfish Res.* 25, 129-135.
- Bogan, Y.M., Kennedy, D.J., Harkin, A.L., Gillespie, J., Vause, B.J., Beukers-Stewart, B.D., Hess, P., Slater, J.W., 2007. Variation in domoic acid concentration in king scallop (*Pecten maximus*) from fishing grounds around the Isle of Man. *Harmful Algae* 6, 81-92.
- Jing, J., Petroff, R., Shum, S., Crouthamel, B., Topletz, A.R., Grant, K.S., Burbacher, T.M., Isoherranen, N., 2018. Toxicokinetics and Physiologically Based Pharmacokinetic Modeling of the Shellfish Toxin Domoic Acid in Nonhuman Primates. *Drug Metab. Dispos.* 46, 155-165.
- Krogstad, F.T.O., Griffith, W.C., Vigoren, E.M., Faustman, E.M., 2009. Re-evaluating blue mussel depuration rates in 'Dynamics of the phycotoxin domoic acid: accumulation and excretion in two commercially important bivalves'. *J. Appl. Phycol.* 21, 745-746.
- Lefebvre, K.A., Noren, D.P., Schultz, I.R., Bogard, S.M., Wilson, J., Eberhart, B.T.L., 2007. Uptake, tissue distribution and excretion of domoic acid after oral exposure in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquat. Toxicol.* 81, 266-274.
- Madhyastha, M.S., Novaczek, I., Ablett, R.F., Johnson, G., Nijjar, M.S., Sims, D.E., 1991. a comparative-study of uptake and release of glutamic-acid and kainic acid by blue mussel (*mytilus-edulis-l*). *Aquat. Toxicol.* 21, 15-28.
- Mafra, L.L., Bricelj, V.M., Fennel, K., 2010. Domoic acid uptake and elimination kinetics in oysters and mussels in relation to body size and anatomical distribution of toxin. *Aquat. Toxicol.* 100, 17-29.
- Mafra, L.L., Bricelj, V.M., Ouellette, C., Bates, S.S., 2010. Feeding mechanics as the basis for differential uptake of the neurotoxin domoic acid by oysters, *Crassostrea virginica*, and mussels, *Mytilus edulis*. *Aquat. Toxicol.* 97, 160-171.
- Marquez, I.A., Abraham, A., Krause, J.W., 2020. Organic polymer consumption facilitates domoic acid entry into the marine food web without direct ingestion of *Pseudo-nitzschia*. *Harmful Algae* 98, 10.

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr



- Mauriz, A., Blanco, J., 2010. Distribution and linkage of domoic acid (amnesic shellfish poisoning toxins) in subcellular fractions of the digestive gland of the scallop *Pecten maximus*. *Toxicon* 55, 606-611.
- Novaczek, I., Madhyastha, M.S., Ablett, R.F., Donald, A., Johnson, G., Nijjar, M.S., Sims, D.E., 1992. Depuration of domoic acid from live blue mussels (*mytilus-edulis*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49, 312-318.
- Novaczek, I., Madhyastha, M.S., Ablett, R.F., Johnson, G., Nijjar, M.S., Sims, D.E., 1991. uptake, disposition and depuration of domoic acid by blue mussels (*mytilus-edulis*). *Aquat. Toxicol.* 21, 103-118.
- Pazos, A.J., Ventoso, P., Martinez-Escauriaza, R., Perez-Paralle, M.L., Blanco, J., Trivino, J.C., Sanchez, J.L., 2017. Transcriptional response after exposure to domoic acid-producing *Pseudo-nitzschia* in the digestive gland of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Toxicon* 140, 60-71.
- Pena-Llopis, S., Serrano, R., Pitarch, E., Beltran, E., Ibanez, M., Hernandez, F., Pena, J.B., 2014. N-Acetylcysteine boosts xenobiotic detoxification in shellfish. *Aquat. Toxicol.* 154, 131-140.
- Schnetzer, A., Lampe, R.H., Benitez-Nelson, C.R., Marchetti, A., Osburn, C.L., Tatters, A.O., 2017. Marine snow formation by the toxin-producing diatom, *Pseudo-nitzschia australis*. *Harmful Algae* 61, 23-30.
- Schultz, I.R., Skillman, A., Woodruff, D., 2008. Domoic acid excretion in dungeness crabs, razor clams and mussels. *Mar. Environ. Res.* 66, 21-23.
- Silvert, W., Rao, D.V.S., 1992. dynamic-model of the flux of domoic acid, a neurotoxin, through a *mytilus-edulis* population. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49, 400-405.
- Stewart, J.E., 2008. Postconsumption domoic acid generation by the diatom *Pseudo-nitzschia multiseriata* as a factor in depuration models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65, 1797-1799.
- Ventoso, P., Pazos, A.J., Blanco, J., Perez-Paralle, M.L., Trivino, J.C., Sanchez, J.L., 2021. Transcriptional Response in the Digestive Gland of the King Scallop (*Pecten maximus*) After the Injection of Domoic Acid. *Toxins* 13, 21.
- Wohlgeschaffen, G.D., Mann, K.H., Rao, D.V.S., Pocklington, R., 1992. DYNAMICS OF THE PHYCOTOXIN DOMOIC ACID - accumulation and excretion in 2 commercially important bivalves. *J. Appl. Phycol.* 4, 297-310

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station de La Tremblade
Ronces Les Bains
B.P. 7
17390 La Tremblade - France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr