

Direction de la Protection des Populations de
l'Hérault
Unité territoriale de Sète
Rue Serge Lifar
CS 87377
34184 Montpellier Cedex 4

Sète, le 16.10.2023

Objet: Expertise pour la réévaluation de la stratégie de surveillance REPHYTOX de la lagune de Thau sur la base des résultats du projet SECTOX et du REPHYTOX.

Expertise Ifremer n° 03-003 préparée par O. Serais, E. Abadie, M. Lemoine. Relecture/Validation par Y. Gueguen, N. Neaud-Masson, M. Ruysen. Cette expertise a été réalisée conformément au processus interne P9 ('produire des expertises et fournir des avis') certifié ISO-9001 et selon la charte de l'expertise et de l'avis à l'Ifremer. Les experts ayant réalisé l'avis ont indiqué l'absence de liens d'intérêt avec le demandeur et le sujet de la demande.

Madame,

Par courriels du 8 février 2022 à 12h27 et du 14 février 2022 à 8h34 ayant pour objet « Demande de localisation des points REPHYTOX suite à l'étude SECTOX », vous sollicitez l'expertise de l'Ifremer pour réévaluer la stratégie actuelle de suivi de la contamination en phycotoxines des coquillages des deux zones d'élevage de la lagune de Thau, dans un contexte de gestion non différenciée vis à vis du risque phycotoxinique de ces deux zones. Plus précisément, votre demande initiale souhaite notre expertise sur le maintien ou le décalage des lieux de surveillance actuels, et/ou sur la nécessité de renforcer le dispositif de surveillance avec un lieu supplémentaire.

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

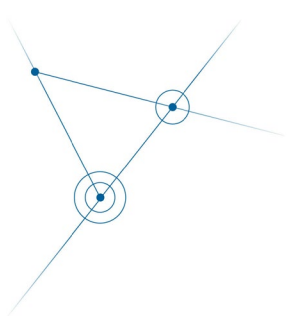
Station de Sète

Avenue Jean Monnet
CS 30171
34203 Sète Cedex - France
+33 (0)4 99 57 32 00

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



Contexte de la demande

La surveillance REPHY et REPHYTOX des zones d'élevage de la lagune de Thau

Par leur contact direct avec le milieu marin, les coquillages filtreurs des zones d'élevages tels que les moules et les huîtres, concentrent les contaminants présents dans le milieu ainsi que les phycotoxines (toxines produites par du phytoplancton). Ces phycotoxines sont suivies en France grâce au REPHY, réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales et au REPHYTOX, réseau de surveillance des phycotoxines dans les organismes marins.

Avec 2 800 tables et environ 500 producteurs, la lagune de Thau est la plus importante zone conchylicole de Méditerranée française. Depuis novembre 2018, deux zones d'élevage distinctes n°34.39.01 « Zone Bouzigues-Loupian » et n°34.39.02 « Zone Mèze Marseillan » sont délimitées par arrêté préfectoral. La gestion sanitaire de ces deux zones de production est assurée par la DDPP¹ de manière non différenciée ou non sectorisée vis à vis du risque phycotoxinique ; c'est-à-dire que les décisions d'interdictions ou d'autorisations d'exploitation des coquillages des zones d'élevage sont prises concomitamment pour les deux zones lors des épisodes toxiques.

La stratégie actuelle de surveillance des zones d'élevage de la lagune de Thau repose sur 3 points de suivi REPHY du phytoplancton toxique dans l'eau échantillonnés tous les 15 jours en surveillance de routine et toutes les semaines en alerte : « Thau – Crique de l'Angle », « Bouzigues a » et « Marseillan a » (figure 1).

La recherche ciblée et le suivi des toxines réglementées dans les coquillages sont réalisés dans le cadre du REPHYTOX au niveau des points « Bouzigues a » et « Marseillan a », communs au REPHY, selon une logique opérationnelle de prélèvements et d'analyses définie dans les documents de prescription suivants :

- « Procédure nationale pour la mise en œuvre du réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales (REPHY) ²»
- « Procédure nationale de la surveillance sanitaire des phycotoxines réglementées dans les zones de production de coquillages »³
- « Stratégie d'échantillonnage des lieux du REPHY Sanitaire et REPHYTOX en Occitanie »⁴ dont la figure 2 est extraite.

¹ DDPP34 : Direction Départementale de la Protection de la Population de l'Hérault

² Neaud-Masson Nadine, Lemoine Maud, Daniel Anne (2023). Procédure nationale pour la mise en œuvre du réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales (REPHY). Document de prescriptions. Version 2 de janvier 2023. ODE/VIGIES/23-01. <https://doi.org/10.13155/50389>

³ 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>

⁴ Serais Ophélie, Caillard Elise, Gueguen Yannick (2023). Stratégie d'échantillonnage des lieux du REPHY Sanitaire et REPHYTOX en Occitanie - Année 2023. Procédure de surveillance sanitaire des phycotoxines (contrôle officiel) v2 - Date d'application : 26/06/2023. ODE/UL/LER/LR/23.02. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00816/92831/>

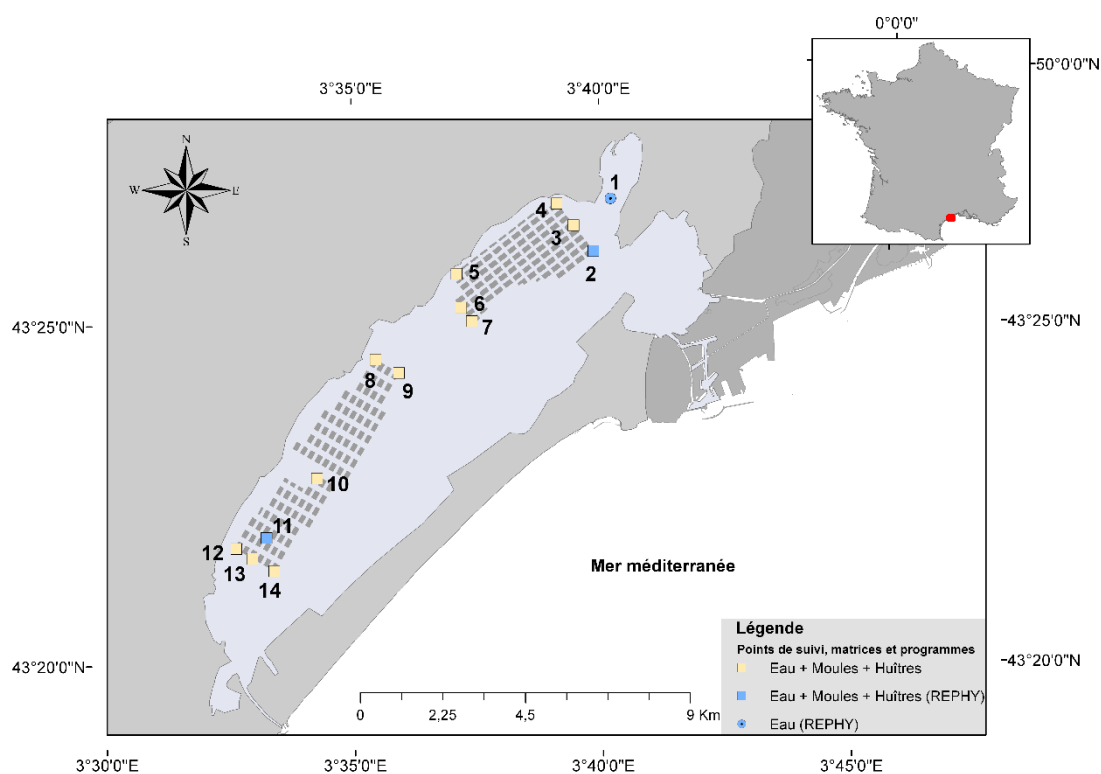
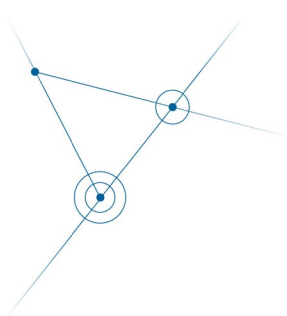
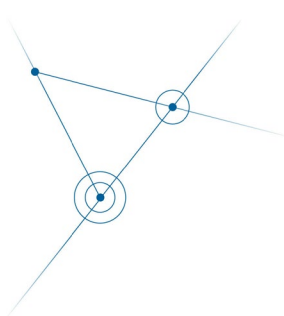
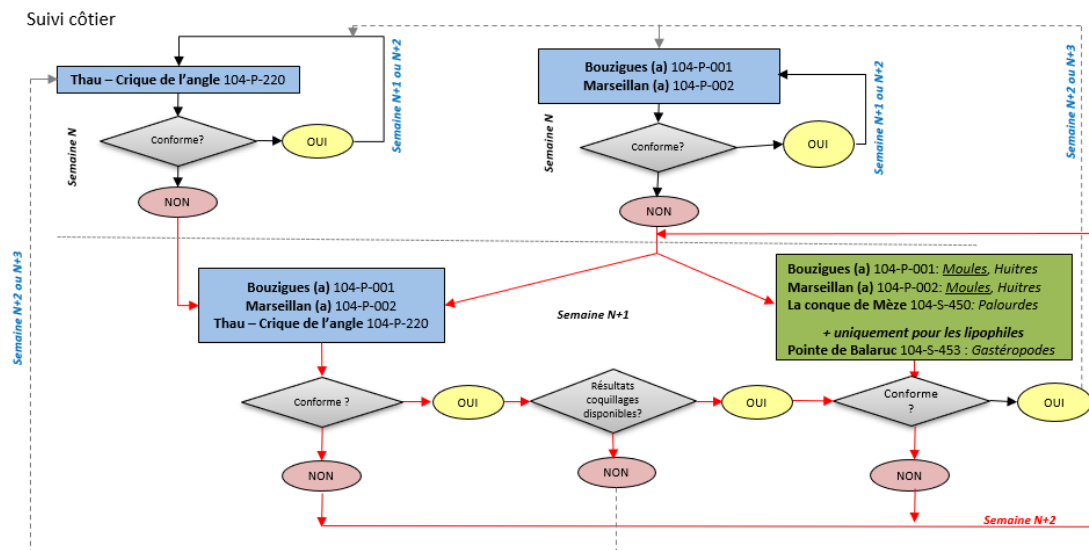


Figure 1. Localisation des points d'échantillonnage du projet SEXTOX comprenant des points REPHY (rond bleu), REPHY-REPHYTOX (carrés bleus) et onze points supplémentaires pour analyses eau et coquillages (carrés jaunes).
Source carte : Ifremer, N. Cimiterra.

La stratégie de surveillance REPHY-REPHYTOX a été mise en place en 1987 sur les lieux « Bouzigues a » et « Marseillan a » et en 1987 sur le lieu « Crique de l'Angle », suite au premier épisode de contamination des moules en saxitoxines produites par *Alexandrium pacificum*. Les déclenchements d'analyses ciblées dans les coquillages REPHYTOX sont réalisés lors du dépassement des seuils d'alerte REPHY aux lieux « Bouzigues a » et « Marseillan a ». En cas d'alerte REPHY circonscrite au lieu « Thau-Crique de l'Angle », les analyses ne sont déclenchées qu'après deux semaines consécutives de dépassement du seuil d'alerte, excepté pour le genre *Alexandrium* au premier semestre de l'année au cours duquel les analyses sont réalisées dès la première semaine de dépassement (figure 2).



Numéro des zones exploitées : 34.39.01, 34.39.02, 34.38.02, 34.38
Alexandrium: 1^{er} semestre de l'année - Dinophysis et Pseudo-nitzschia: toute l'année



Numéro des zones exploitées : 34.39.01, 34.39.02, 34.38.02, 34.38
Alexandrium: 2^{ème} semestre de l'année « à risque PSP »

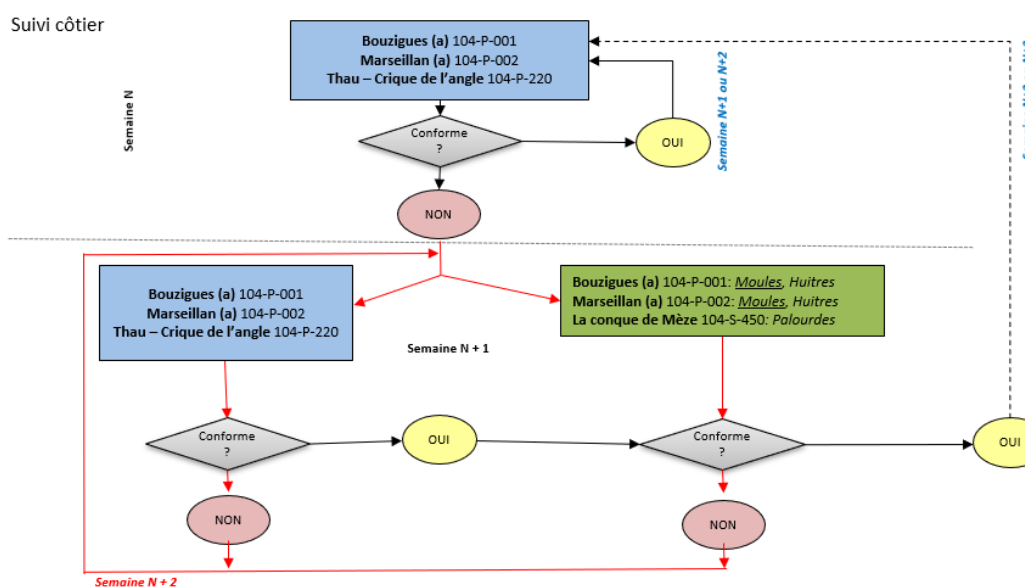
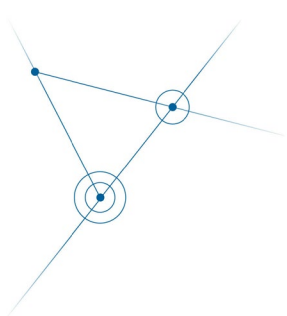


Figure 2. Logique opérationnelle à suivre dans la lagune de Thau entre les lieux de surveillance du REPHY et du REPHYTOX dans le cadre de la mise en œuvre des stratégies de ces réseaux. La figure du haut illustre la stratégie à déployer au 1^{er} semestre de l'année pour le genre Alexandrium et toute l'année pour le genre Dinophysis et les groupes Pseudo-nitzschia. La figure du bas illustre la stratégie à déployer pour le genre Alexandrium au 2nd semestre. Encadrés bleus : lieux de prélèvements d'eau et de dénombrement du phytoplancton toxique (REPHY),. Encadrés verts : lieux de prélèvements et de recherche de phycotoxines dans les coquillages (REPHYTOX). Lors du déclenchement d'une d'alerte Dinophysis, seules les moules (espèce sentinelle) des parcs sont prélevées. Dès dépassement du ½ seuil dans les moules, les huitres, palourdes et gastéropodes sont prélevés. Les moules, huitres et palourdes sont échantillonnées dès le déclenchement de l'alerte Lors des alertes Alexandrium et Pseudo-nitzschia.



Les séries temporelles des résultats REPHY et REPHYTOX acquises sur trois lieux de surveillance permettent d'analyser les tendances d'évolution des risques phycotoxiques dans la lagune de Thau. Sur la période allant de janvier 1998 à septembre 2023, les coquillages des zones d'élevage de la lagune de Thau ont été régulièrement exposés à des abondances des genres *Dinophysis*, *Pseudo-nitzschia* et *Alexandrium* dépassant les seuils d'alerte. Sur cette période :

- 9 épisodes de dépassement du seuil réglementaire (SR) en toxines paralysantes (saxitoxine) associées au syndrome PSP (Paralytic Shellfish Poison) et produites en France par le genre *Alexandrium*, ont été détectés dans les huîtres ou moules en 2017, 2016, 2015, 2007, 2004, 2003, 2001, 1999 et 1998,
- 7 épisodes de dépassement du SR en toxines lipophiles du groupe AO + DTXs + PTXs (acide okadaïque, dinophysistoxines, pectenotoxines) associées au syndrome DSP (Diarrheic Shellfish Poison) et produites notamment par le genre *Dinophysis* ont été mesurés dans les moules en juin 2014, novembre 2018 et mai 2021, janvier et octobre 2022, janvier et mai 2023. L'épisode de contamination des moules de début 2023 a été le plus long épisode jamais mesuré dans la lagune. Il a conduit à la mise en œuvre d'une mesure de gestion de 50 jours par les autorités compétentes.
- Aucun épisode relatif aux toxines amnésiantes (acide domoïque) associées au syndrome ASP (Amnesic Shellfish Poison) et produites en France par *Pseudo-nitzschia*, n'a été détecté.

Projet SECTOX

Le projet SECTOX a porté sur l'étude de la contamination des huîtres creuses et des moules de la lagune de Thau par les phycotoxines (saxitoxines et toxines lipophiles) et de la dynamique temporelle et spatiale de cette contamination. L'objectif était d'apporter des éléments de réponse aux gestionnaires quant à la possibilité de mettre en place une gestion sectorisée du risque de contamination par ces phycotoxines.

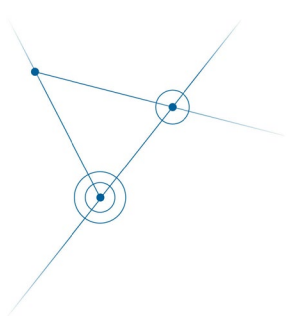
L'étude a mis en évidence l'impact des toxines lipophiles produites par la microalgue appartenant au genre toxique *Dinophysis* sur l'ensemble de la lagune de Thau, sans qu'il ne soit possible de déterminer des dynamiques différentes entre les secteurs. L'absence de prolifération du dinoflagellé *Alexandrium pacificum* (producteur de toxines à effet PSP) sur la période suivie n'a pas permis d'étudier ce volet de l'étude.

La stratégie d'échantillonnage a reposé sur 14 lieux de prélèvements (figure 1). En complément des trois lieux de suivi REPHY actuels : Crique de l'Angle ou lieu n°1, Bouzigues (a) ou lieu n°2 et Marseillan (a) ou lieu n°11, onze lieux d'échantillonnage supplémentaires de prélèvement d'eau et de coquillages ont été suivis dans les secteurs conchylicoles exploités. Pour chaque campagne de prélèvement, les 14 lieux ont été échantillonnés la même demi-journée.

La contamination en toxines lipophiles et saxitoxines a été suivie dans deux matrices : coquillages et échantillonneurs passifs. Le suivi des espèces toxiques dans la colonne d'eau a été opéré selon plusieurs méthodes d'analyses (analyses chimiques, méthode de qPCR, échantillonneur passif pour les toxines) et techniques d'échantillonnage (bouteille hydrobios, filet à plancton).

Pour cette expertise, nous nous sommes appuyés uniquement sur l'analyse des résultats acquis d'après les procédures actuelles des réseaux REPHY et REPHYTOX :

- Les dénombrements de *Dinophysis* dans l'eau ont été réalisés selon les protocoles REPHY. L'eau a été prélevée à l'aide d'une bouteille de prélèvement verticale Hydrobios® en sub-surface. Le flacon d'un litre d'eau « brute » est transporté dans une glacière. Au laboratoire, un aliquote de 10 mL a été placé dans une chambre de lecture à



plancton (Hydrobios) puis fixé par une goutte de lugol. Le dénombrement complet et l'identification microscopique des microalgues ont été réalisés au Laboratoire Ifremer LER-LR de Sète selon la méthode Utermöhl (Utermöhl, 1931) avec un microscope inversé "Zeiss Axio Observer".

- Les concentrations des toxines lipophiles (AO + DTXs + PTXs) ont été mesurées sur la chair totale égouttée des huîtres et des moules par les Laboratoires Ifremer PHYC de Nantes et LER/LR de Sète. Les toxines ont été quantifiées par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (CL/SM-SM) selon la méthode Anses/LSAI/LSA-INS-0147. Seuls les résultats en toxines lipophiles (AO + DTXs) ont été utilisés dans cette expertise afin d'être en accord avec la réglementation européenne qui exclut depuis 2023 les PTXs.

Démarche de l'expertise

Afin d'évaluer la stratégie de surveillance REPHY sanitaire et REPHYTOX de la lagune de Thau à la lumière des résultats acquis dans le projet SECTOX, notre démarche a été d'étudier la structuration spatiale et temporelle de la présence du genre *Dinophysis* dans l'eau et de la contamination en toxines lipophiles des coquillages, afin d'analyser la synchronicité entre les lieux les plus exposés.

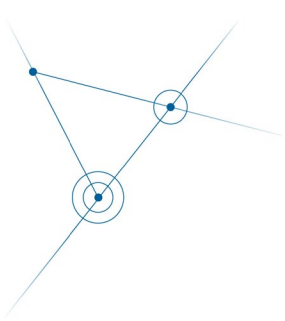
Stratégie de suivi des toxines lipophiles (AO + DTXs) dans les coquillages

Description du jeu de données analysées

Des résultats d'analyses des toxines lipophiles dans les coquillages sont disponibles pour 13 campagnes de prélèvements : semaines n°40, 41, 42, 44 et 45 en 2019 et semaines 38, 39, 40, 41, 45, 46, 47 et 50 en 2020. Lors de chaque campagne, des prélèvements de moules et d'huîtres ont été ciblés sur 13 lieux (lieux n°2 à n°14). Au total, 332 prélèvements et résultats d'analyses sont disponibles et 6 sont manquants (stock de coquillages insuffisants ou pochons de coquillages subtilisés). Afin de permettre l'analyse comparative, la moyenne des résultats des deux lieux les plus proches du lieu à la valeur manquante a été appliquée pour compléter le jeu de données (tableau 1). Ce calcul a permis d'avoir un total de 338 résultats (figure 3). Les graphiques et discussions sur les résultats en toxines lipophiles présentés dans cette expertise sont basés sur les résultats du projet SECTOX complétés comme indiqué ci-dessus.

Tableau 1. Informations sur les prélèvements non réalisés lors des 13 campagnes d'échantillonnage de coquillages du projet SECTOX par lieu, année, numéro de semaine de la campagne, type de coquillage prélevé, valeur en AO+ DTXs ($\mu\text{g}/\text{kg}$) des deux lieux mitoyens et valeur calculée pour remplacer la donnée manquante.

Lieu (n°)	Année – n° semaine	Coquillage	Valeurs AO+DTXs ($\mu\text{g}/\text{kg}$) des 2 lieux mitoyens	Valeur AO+DTXs ($\mu\text{g}/\text{kg}$) calculée
7	2020 - sem.38	Huîtres	0 – 0	0
6	2020 - sem. 41	Huîtres	0 – 5,17	2,3
14	2020 - sem. 41	Huîtres	0 – 0	0
3	2020 - sem. 41	Moules	15,4 – 14,8	15,1
6	2020 - sem. 47	Moules	69,3 – 128,7	99
6	2020 - sem. 50	Moules	56,6 – 70,9	63,7



Etude de la structuration spatiale et temporelle de la concentration en toxines lipophiles des coquillages

Dans les huîtres, seul un résultat d'analyse de toxines lipophiles, sur les 169 disponibles, a dépassé le $\frac{1}{2}$ seuil au cours du projet. Il s'agit du lieu n°7 de la semaine 45 en 2020 (124,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de chair). Dans les moules, 31 dépassements du $\frac{1}{2}$ seuil (18,3% des résultats) dont 9 supérieurs au seuil réglementaire (SR, 5,3% des résultats) ont été observés (figure 3). Tous ces dépassements ont concerné 4 des 13 campagnes d'échantillonnage : semaines n°45, 46, 47 et 50 de 2020 (Figure 3). Les concentrations maximales dans les moules ont été enregistrées en 2020 semaine 45 à l'Ouest de Marseillan, aux lieux n°13 (295,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de chair), n°12 (288,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de chair) et n°11 (202,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de chair). Le démarrage de l'épisode toxique n'a pas été mesuré par le projet SECTOX, il n'est donc pas possible d'identifier les lieux qui ont été touchés le plus précocement lors de cet épisode. Semaine 45 de 2020, le $\frac{1}{2}$ seuil était dépassé dans les moules au niveau de 7 des 13 lieux, majoritairement dans le secteur de Marseillan et à l'ouest du secteur de Bouzigues-Loupian. Puis semaines 46 et 47, des dépassements ont été enregistrés dans les moules uniquement au niveau de 10 des 13 lieux. L'épisode toxique des moules de la fin 2020 a donc couvert la quasi-totalité des zones conchylicoles de la lagune de Thau. Les suivis ayant été arrêtés semaine 50, la fin de l'épisode toxique tel que défini par le protocole REPHYTOX (deux semaines consécutives de résultats inférieurs au $\frac{1}{2}$ seuil pour la levée de l'alerte) n'est pas couvert.

Les concentrations en toxines lipophiles ont été significativement moins importantes pour les huîtres que pour les moules (test non paramétrique de Wilcoxon, $W = 8800$, $p\text{-value} = 6.056e-10$). Ces résultats confirment le rôle des moules en tant qu'espèce sentinelle de la contamination en toxines lipophiles des huîtres creuses.

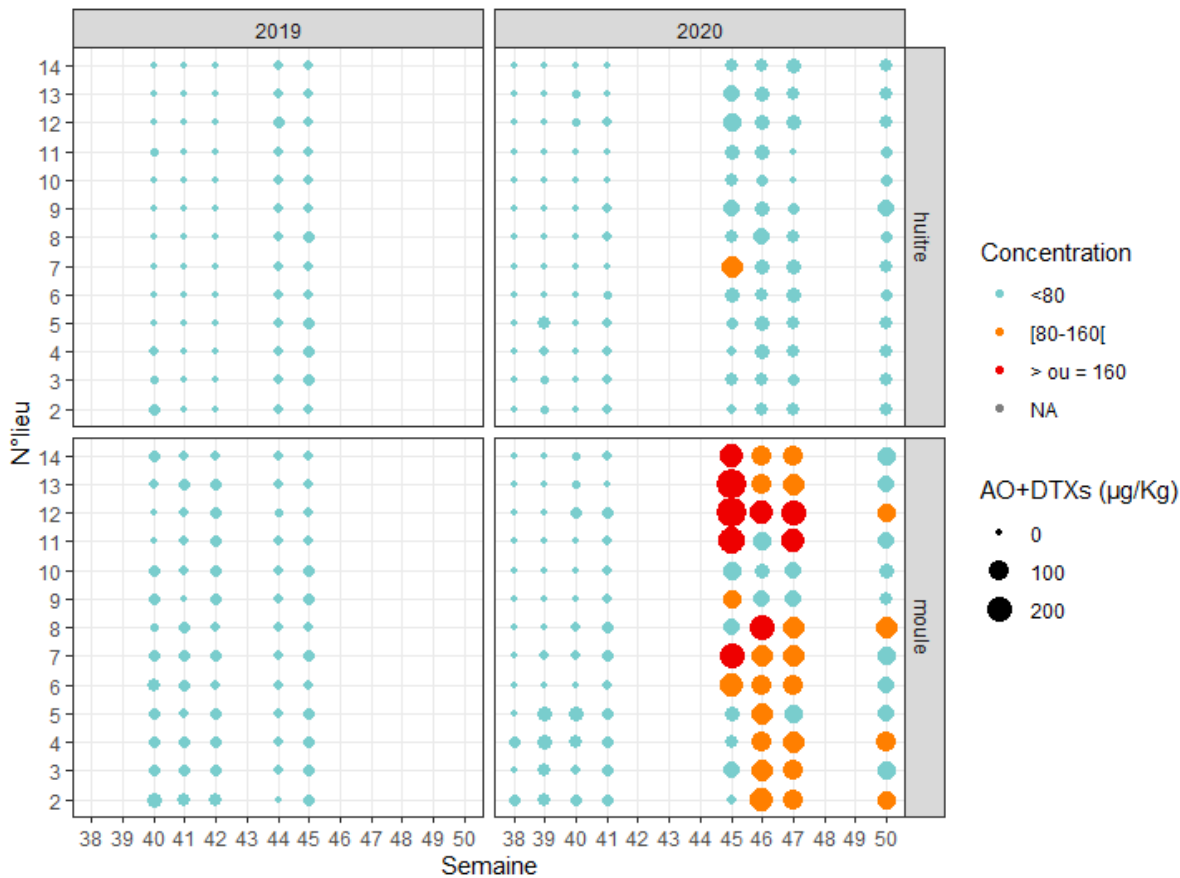
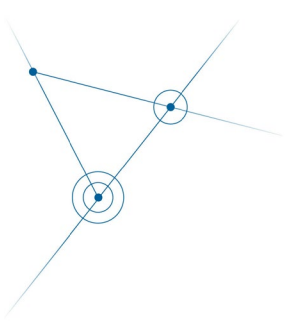


Figure 3. Résultats des analyses des toxines lipophiles (AO + DTXs) dans les huîtres (en haut) et les moules (en bas) pour chaque lieu de prélèvement et pour chaque numéro de semaine échantillonnée de 2019 (à gauche) et 2020 (à droite). Points rouges : concentrations en AO + DTXs supérieures ou égales au seuil d'alerte de 160 µg/kg de chair de coquillage. Points oranges : concentrations égales ou supérieures au ½ seuil réglementaire de 80 µg/kg de chair de coquillage et inférieures au seuil réglementaire, points bleus : concentrations inférieures à 80 µg/kg de chair de coquillage. La taille des points renseigne sur la concentration en AO+DTXs des coquillages.

La figure 4 représente les concentrations en toxines lipophiles des huîtres et des moules par lieux de prélèvement. Quel que soit l'espèce de coquillage étudiée, huîtres ou moules, il n'y a pas de différence statistiquement significative sur les concentrations en toxines lipophiles entre les lieux (comparaison de médianes) (Moules : Kruskal-Wallis chi-squared = 11.078, df = 12, p-value = 0.5222, Huitres : Kruskal-Wallis chi-squared = 4.0312, df = 12, p-value = 0.9829). Les concentrations moyennes les plus élevées ont été enregistrées par ordre décroissant aux lieux n°12 (moy.= 60,7 µg/kg) et n°13 (moy.= 48 µg/kg) dans le secteur de Marseillan puis au lieu n°7 (moy.= 46 µg/kg) dans le secteur de Bouzigues.

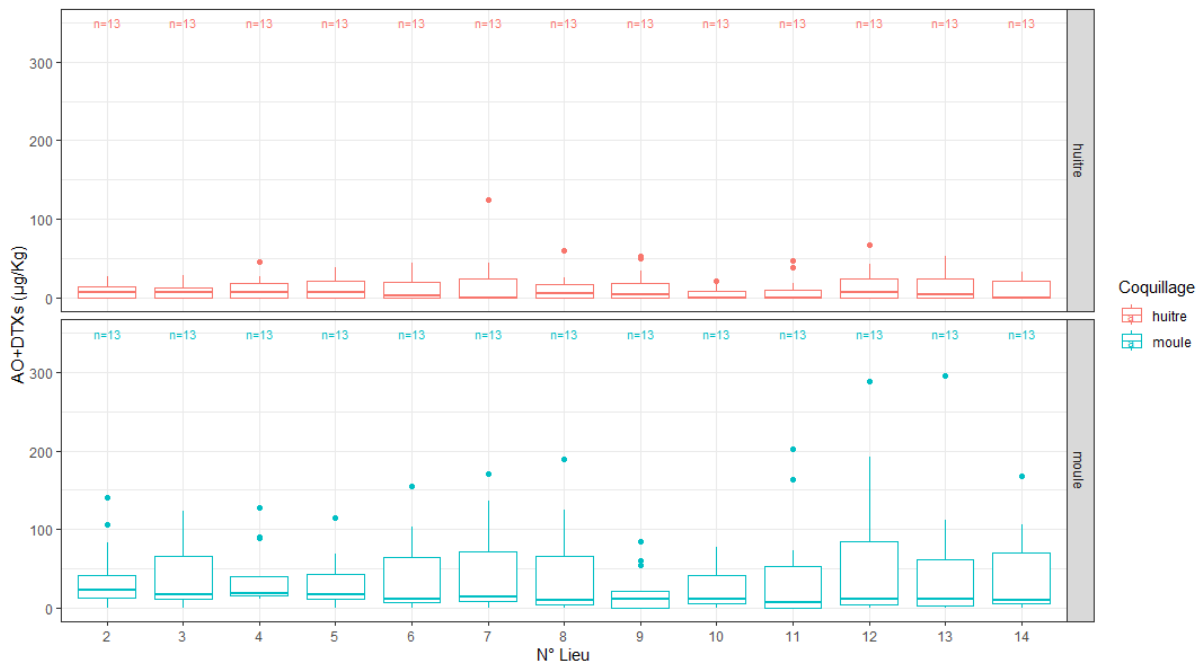
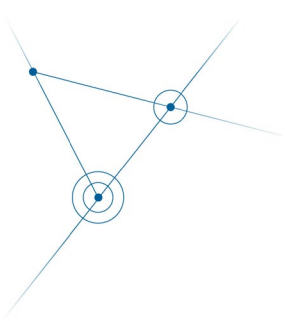


Figure 4. Diagramme en boîtes représentant la distribution des concentrations en toxines lipophiles (AO + DTXs) des coquillages, huîtres (en haut) et moules (en bas), en fonction du lieu échantillonné dans le cadre du projet SECTOX (campagnes de 2019 et 2020). La barre horizontale correspond à la médiane des résultats.

En 2020, au cours des 4 campagnes ayant présenté des résultats de concentrations supérieures au ½ seuil dans les moules (figures 3 et 5):

- le lieu n°12 a été contaminé 4 fois dont 1 fois au-delà du SR,
- au total, 3 contaminations ont été mesurées pour 7 des lieux (n°2, 4, 6, 7, 8, 13 et 14) réparties dans les deux zones de production conchylicoles. Un dépassement du SR est enregistré simultanément semaine n°45 pour les lieux n°7 (1er lieu impacté dans le secteur de Bouzigues-Loupian), n°13 et n°14 dans le secteur de Marseillan,
- 2 dépassements du SR ont été enregistrés pour le lieu n°11 qui fait partie de la stratégie actuelle du REPHYTOX « Marseillan a ». A noter que la concentration a dépassé le SR dès la semaine 45,
- aucun dépassement du ½ seuil n'a été enregistré au lieu n°10.

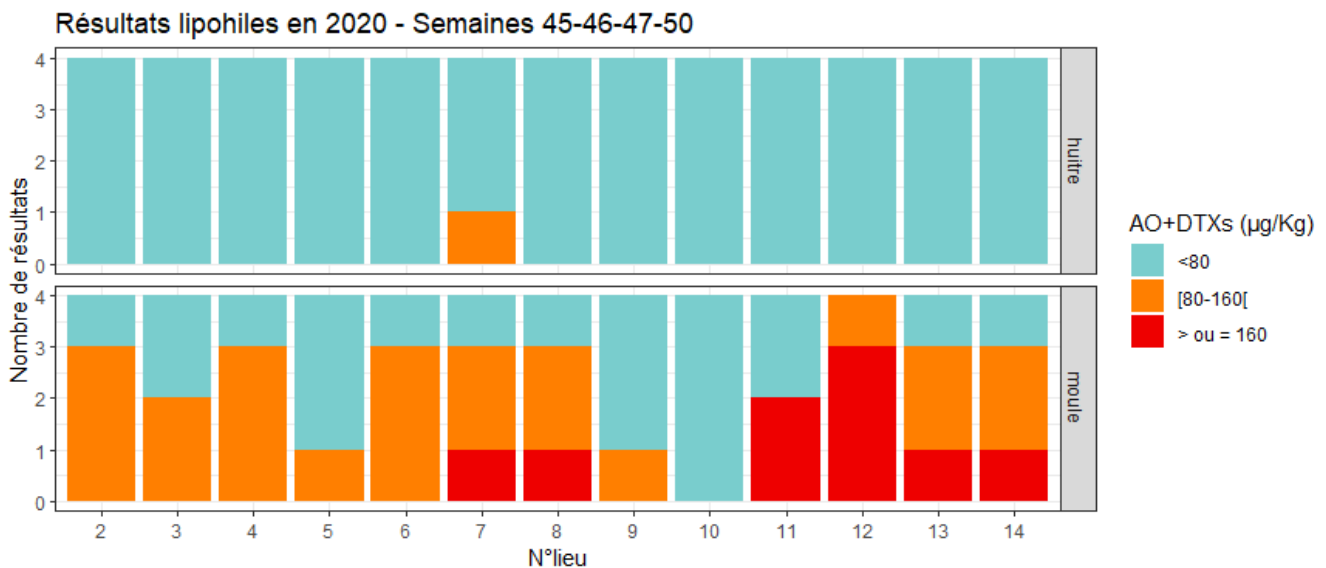
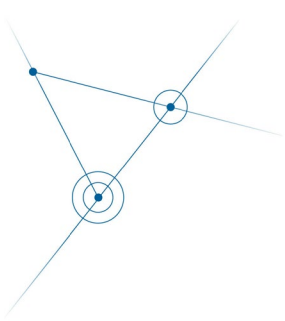


Figure 5. Nombre de résultats des campagnes de prélèvements et d'analyse des huîtres (en haut) et des moules (en bas) de toxines lipophiles (AO + DTXs) pour chaque lieu de prélèvement échantillonné au cours du projet SECTOX semaines 45, 46, 47 et 50 en 2020 (en rouge : concentrations en toxines lipophiles supérieures ou égales au SR de 160 µg/kg de chair de coquillage, en orange : concentrations égales ou supérieures au ½ seuil de 80 µg/kg de chair de coquillage et inférieures au SR, en bleu : concentrations inférieures à 80 µg/kg de chair de coquillage).

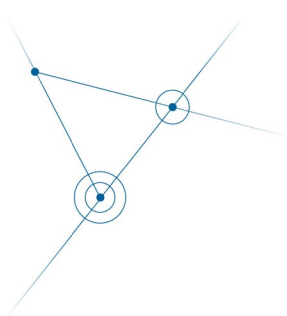
Conclusions de l'analyse des résultats « coquillages »

Les résultats de l'ensemble des campagnes (2019 et 2020) de suivi du projet SECTOX ne permettent pas de conclure sur une structuration spatio-temporelle des contaminations des coquillages en élevage de la lagune en toxines lipophiles. Ce projet a permis de suivre partiellement fin 2020 un épisode de toxicité des coquillages à travers 4 campagnes d'échantillonnage ; le démarrage et la fin de l'épisode n'ont pas été suivis. Le rôle des moules en tant qu'espèce sentinelle pour prévenir du risque de contamination des huîtres a été à nouveau montré, ce qui conforte le protocole actuel de déclenchement des alertes REPHYTOX lipophiles. Si les niveaux de contamination des moules n'ont pas été homogènes entre les 13 lieux suivis au cours de l'épisode de toxicité, les résultats ont montré l'étendue du phénomène (12/13 lieux marqués par un dépassement du ½ seuil) et sa persistance sur plusieurs semaines. Ces résultats suggèrent qu'il est pertinent de renforcer la stratégie d'échantillonnage REPHYTOX dans la lagune de Thau pour mieux prévenir le risque de contamination des coquillages en toxines lipophiles.

La stratégie actuelle REPHYTOX, qui repose sur l'analyse des moules aux lieux n°2 « Bouzigues (a) » et n°11 « Marseillan a », n'est pas remise en cause sur la base de ces résultats. L'analyse des résultats de l'épisode toxique de fin 2020, met cependant en évidence que deux lieux auraient permis d'optimiser le suivi de cet épisode et par conséquent sa gestion :

- le lieu n° 12 car il a été le plus fréquemment, fortement et longuement contaminé de la lagune,
- le lieu n°7 car il a été le plus fréquemment et fortement contaminé dans le secteur de « Bouzigues-Loupian ».

Il pourrait être intéressant de vérifier leur pertinence dans la stratégie REPHYTOX sur plusieurs épisodes toxiques.



Stratégie de suivi de la présence du genre *Dinophysis* dans l'eau

Description du jeu de données analysées

Au total, 27 campagnes de prélèvements d'eau ont été réalisées dans le cadre du projet SECTOX en 14 lieux de suivi de la lagune de Thau. Ces campagnes se sont déroulées en 2019 entre les semaines 40 et 50 (8 campagnes) et en 2020 entre les semaines 1 et 10 puis entre 26 et 50 (19 campagnes). Pour chaque campagne, les résultats de dénombrements de *Dinophysis* dans l'eau sont disponibles pour l'ensemble des points, ce qui conduit à un total de 378 résultats de dénombrements de *Dinophysis* d'après le protocole REPHY (figure 6).

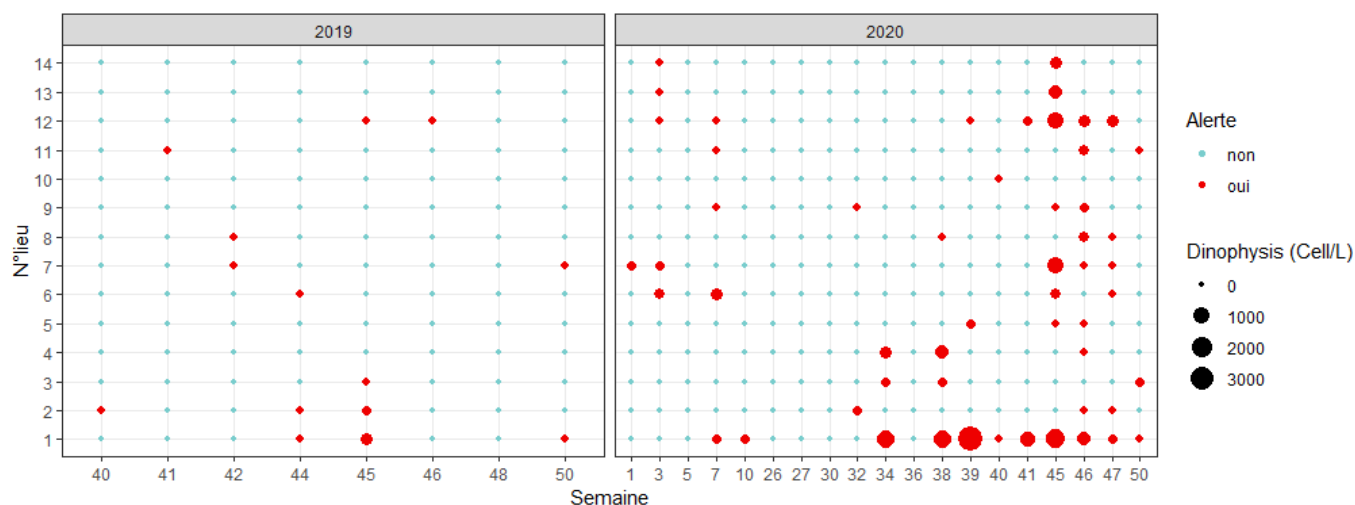


Figure 6. Résultats des campagnes de prélèvements et de détection des *Dinophysis* dans l'eau réalisées en 2019 (à gauche) et 2020 (à droite) pour chaque lieu de prélèvement et pour chaque numéro de semaine échantillonnée. Les points rouges indiquent une présence de *Dinophysis* (résultat \geq à 100 cell/L) et les points bleus une absence de *Dinophysis* dans l'échantillon. La taille des points renseigne sur l'abondance de *Dinophysis*.

Etude de la structuration spatiale et temporelle de la présence du genre *Dinophysis*

Dans 82% des échantillons d'eau prélevés en subsurface, le genre *Dinophysis* n'a pas été détecté (310/378 échantillons). Quand il a été détecté, c'est généralement à de faibles concentrations ; seuls 10 résultats (3,8% des résultats) sont supérieurs à 500 Cellules/Litre (Cell/L) (figure 7). La concentration maximale en *Dinophysis* mesurée dans l'eau au cours du projet a atteint 3400 Cell/L semaine 39 en 2020 (figure 7).

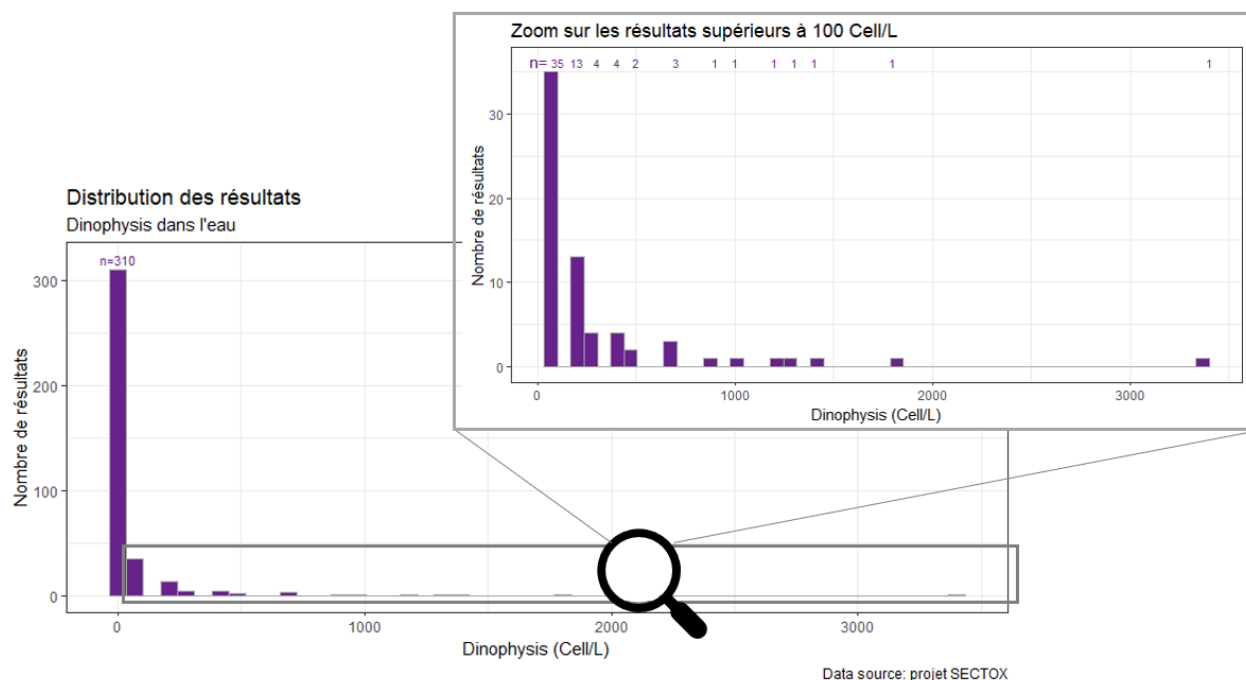
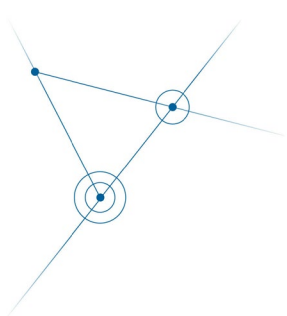


Figure 7. Histogrammes représentant la distribution du nombre de résultats de dénombrement du genre *Dinophysis* dans l'eau acquis dans le cadre du projet SECTOX en fonction des abondances de *Dinophysis* en Cell/L. L'encadré en haut à droite représente cette distribution pour les résultats supérieurs à 100 Cell/L.

La médiane par campagne des dénombrements en *Dinophysis* a été nulle pour 25/27 campagnes et au maximum de 100 Cell/L lors de l'efflorescence automnale de 2020 semaines 45 et 46.

Le genre *Dinophysis* a été absent simultanément au niveau des 14 points de suivi pour 6 des 27 campagnes d'échantillonnage SECTOX (figure 8). Il n'a jamais été détecté simultanément au niveau des 14 lieux suivis. Au maximum, il a été présent simultanément au niveau de 9 lieux répartis dans tous les secteurs de la lagune (Bouzigues, Loupian, Marseillan) semaine 46 de l'année 2020 (figure 6), lors d'une efflorescence automnale qui a donné lieu à l'épisode toxique des coquillages en toxines lipophiles décrit précédemment.

Le genre *Dinophysis* a donc été très fréquemment observé au cours du projet puisqu'il a été détecté au niveau d'au moins 1 des 14 lieux suivis dans 78% des semaines échantillonnées (21 /27 campagnes). Dans la majorité des cas où sa présence a été détectée, elle l'a été de manière localisée (présent sur 1 à 3 lieux pour 50% des campagnes). Lors de 5 campagnes parmi les 27 réalisées, le genre *Dinophysis* a été détecté au niveau d'un unique lieu parmi les 14. Les lieux concernés par sa présence circonscrite à un lieu sont les suivants : n°2 (sem. 40 en 2019), n°11 (sem. 41 en 2019), n°12 (sem. 46 en 2019), n°7 (sem. 1 en 2020) et n°1 (sem. 10 en 2020) (figure 5).

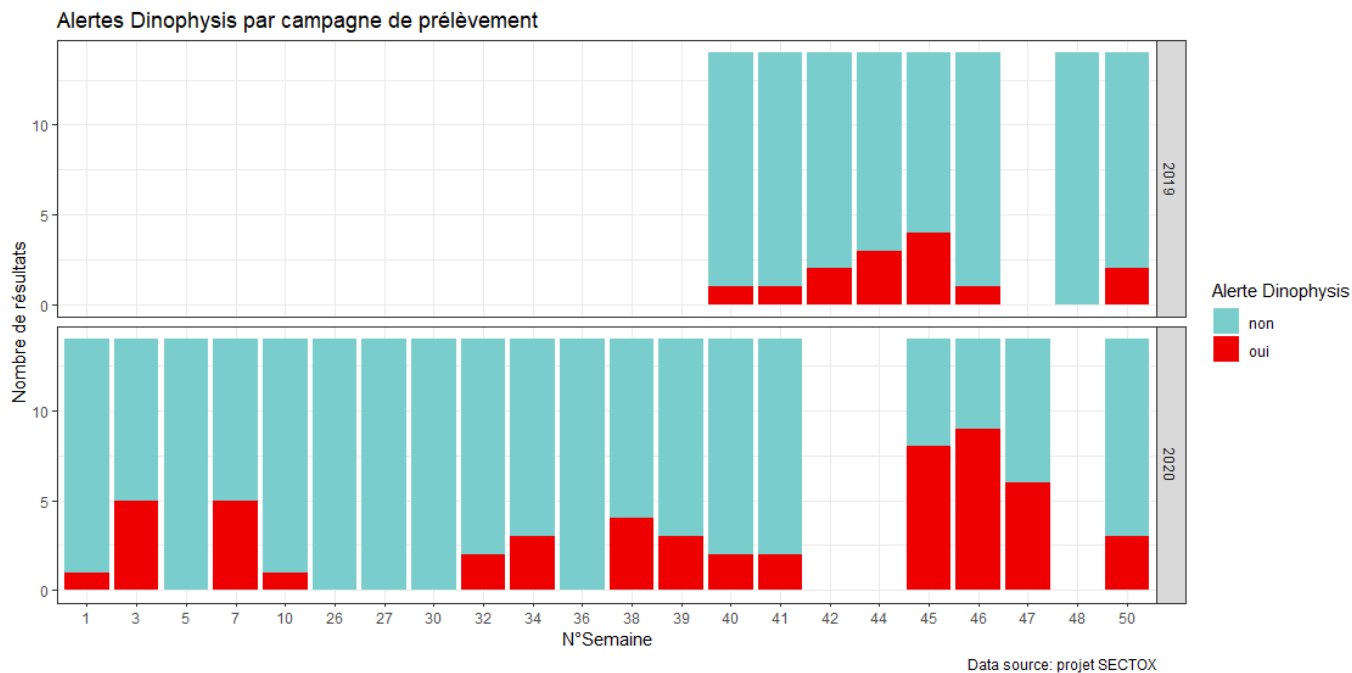
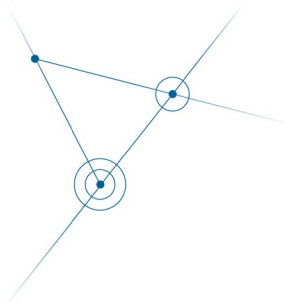
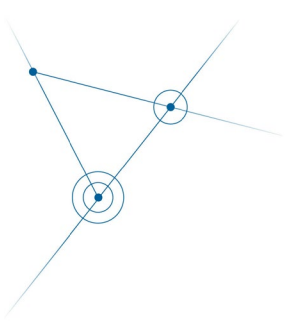
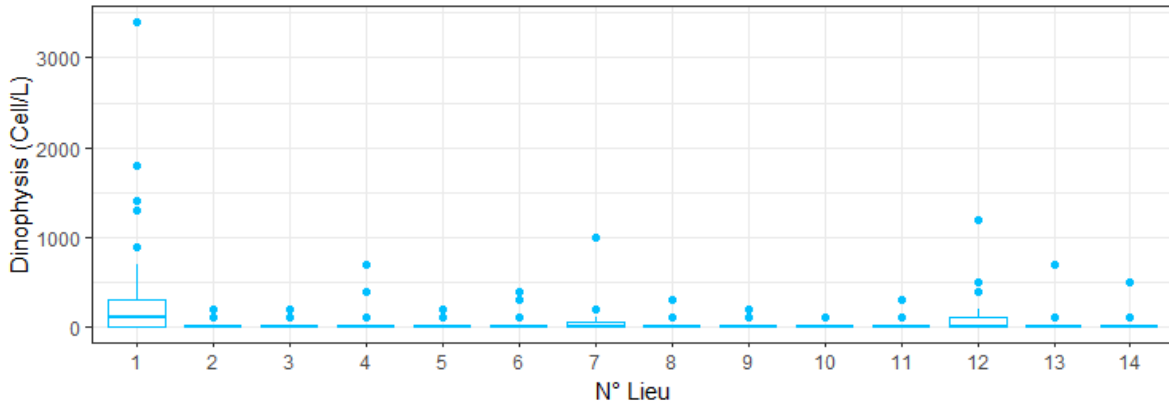


Figure 8. Nombre d'observations du genre *Dinophysis* par numéro de semaine de la campagne de prélèvements au cours du projet SECTOX (en rouge, résultats avec un nombre de cellules dans l'eau supérieur ou égal au seuil d'alerte de 100 Cell/L, ; en bleu, *Dinophysis* absent dans l'échantillon).

Les abondances les plus élevées de *Dinophysis* ont été observées au lieu n° 1 « Crique de l'Angle » (moyenne = 404 Cell/L), localisé en dehors des zones d'élevage, dans un secteur enclavé et peu profond. C'est le seul lieu, parmi les 14 suivis, qui a présenté une médiane non nulle (médiane = 100 Cell/L, figure 9), et dont les résultats sont significativement différents des autres lieux (test non paramétrique de Kruskal-Wallis, chi-squared = 40.549, df = 13, p-value = 0.0001127). Les concentrations moyennes observées au niveau des 13 autres lieux localisés dans les zones conchylicoles sont faibles ; les plus élevées ont été observées par ordre décroissant respectivement aux points n°12 (moyenne = 104 Cell/L) localisé dans le secteur de Marseillan proche du rivage au droit de l'exutoire du cours d'eau des Fontanilles, puis dans le secteur de Bouzigues aux lieux n°7 (moyenne = 67 Cell/L), 4 et 6 (moyenne = 44 Cell/L).



Distribution des dénombrements de *Dinophysis* par lieu de prélèvement

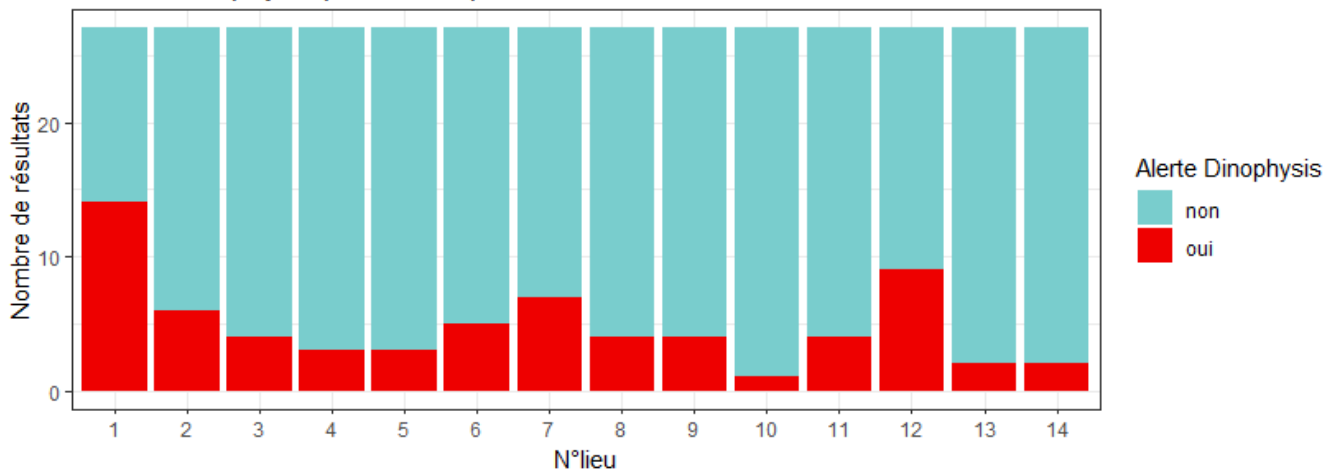


Data source: projet SECTOX

Figure 9. Diagramme en boîtes représentant la distribution des abondances du genre *Dinophysis* dans l'eau (Cell/L) en fonction du lieu échantillonné dans le cadre du projet SECTOX (campagnes de 2019 et 2020). La barre horizontale correspond à la médiane des résultats.

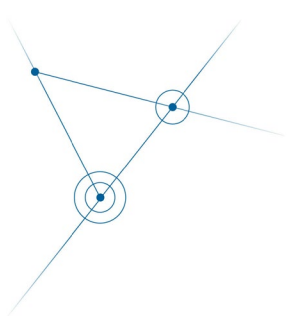
Le seuil d'alerte REPHY Sanitaire est de 100 Cell/L pour le genre *Dinophysis*, ce qui correspond à la limite de détection de la méthode de dénombrement appliquée. Les figures 5 et 10 permettent de visualiser la répartition des résultats autour de ce seuil d'alerte par lieu de prélèvement pour l'ensemble du projet et par année. En considérant l'ensemble de la période d'étude, le genre *Dinophysis* a été le plus fréquemment détecté au niveau des lieux n°1 (n=14/28, soit 50% des résultats en alerte), n°12 (n=9/28, soit 32%), n°7 (n=7/28, soit 25%), n°2 (n=6/28, soit 21%) et n°6 (n=5/28, soit 18%). Quelle que soit l'année considérée, 2019 ou 2020, les lieux n°1, n°12 et n°7 sont les lieux les plus fréquemment en alerte.

Alertes *Dinophysis* par lieu de prélèvement



Data source: projet SECTOX

Figure 10. Nombre d'observations du genre *Dinophysis* par lieu de prélèvement au cours du projet SECTOX (en rouge, résultats avec un nombre de cellules dans l'eau supérieur ou égal au seuil d'alerte de 100 Cell/L, ; en bleu, *Dinophysis* absent dans l'échantillon).



Etude de la synchronicité de la détection du genre *Dinophysis*

Les résultats ci-dessus conduisent à étudier la synchronicité de la détection du genre *Dinophysis* dans le secteur de Bouzigues-Loupian entre les lieux n°7 et n°2 (« Bouzigues a ») et dans le secteur de Marseillan entre le lieu n°12 et n°11 (« Marseillan a »).

▪ Entre les lieux n°7 et n°2 (« Bouzigues a ») dans le secteur conchylicole de Bouzigues-Loupian

Dans le secteur de « Bouzigues-Loupian », les lieux n°7 et n°2 ont été en alerte respectivement 7 fois et 6 fois au cours du projet SECTOX. Ces alertes concernent 11 semaines de suivi. L'analyse de la synchronicité entre les lieux indique que ces alertes ont été :

- 2 fois synchrones (sem. 46 et 47 en 2020)
- 4 fois observées uniquement au lieu n°2 (sem. 40, 44, 45 en 2019 et sem. 32 en 2020)
- 5 fois observées uniquement au lieu n°7 (sem. 42 et 50 en 2019 et sem. 1, 3, 45 en 2020)

La présence du genre *Dinophysis* a été peu synchronisée entre les lieux n°7 et n°2. Ces deux lieux ont apporté de manière équilibrée des informations complémentaires lors des campagnes SECTOX sur le risque de contaminations des coquillages de la lagune de Thau en toxines lipophiles.

▪ Entre les lieux n°12 et n°11 (« Marseillan a ») dans le secteur conchylicole de Marseillan

Dans le secteur situé à l'Ouest de Marseillan, les lieux n°12 et n°11 ont été en alerte respectivement 9 fois et 4 fois au cours du projet SECTOX. Ces alertes concernent 11 semaines de suivi. L'analyse de la synchronicité entre les lieux indique que ces alertes ont été :

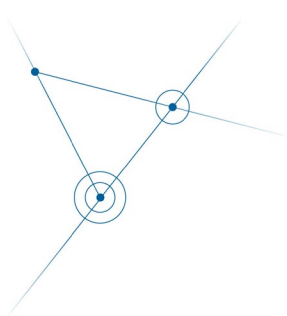
- 2 fois synchrones (sem. 7 et 4 en 2020)
- 2 fois observées uniquement au niveau du point n°11 (sem. 49 en 2019 et sem. 50 en 2020)
- 7 fois observées uniquement au niveau du point n°12 (sem. 45 et 46 en 2019, sem. 3, 38, 41 45, 47 en 2020)

La présence du genre *Dinophysis* a été peu synchronisée entre les lieux n°12 et n°11. Le lieu n°12 a renseigné plus fréquemment que le lieu n°11 sur le risque de contaminations des coquillages de la lagune de Thau en toxines lipophiles.

Conclusions de l'analyse des résultats dans l'eau

Les résultats acquis au cours de ce projet en 2019 et 2020 ont montré des variabilités spatiales et temporelles de la présence et des abondances du genre *Dinophysis* dans la lagune de Thau. Celles-ci ne permettent pas de conclure sur une structuration spatio-temporelle. Le genre *Dinophysis* a été régulièrement détecté au cours du projet SECTOX à des concentrations faibles en sub-surface et généralement de manière circonscrite à un faible nombre de lieux, en l'absence de toxicité des coquillages. Le caractère localisé de la détection de *Dinophysis* et sa variabilité spatio-temporelle dans la lagune de Thau suggère qu'il ne sera pas matériellement possible de détecter de manière exhaustive tous les épisodes de sa présence dans le cadre du REPHY-sanitaire, quelle que soit la stratégie retenue.

Les plus fortes concentrations et la fréquence de détection la plus élevée du genre *Dinophysis* dans l'eau ont été observées au lieu n°1 « Thau crique de l'Angle » suivi dans le cadre du REPHY et, localisé en dehors des zones d'élevage, dans un secteur enclavé et peu profond. La crique de l'Angle étant connue pour être le siège de démarrage



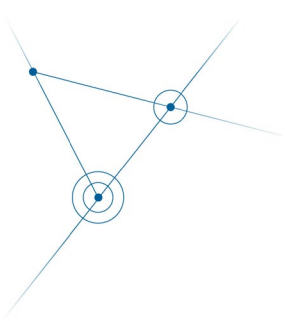
d'efflorescences d'*Alexandrium*⁵, ce lieu est suivi dans le REPHY pour prévenir du risque PSP. Les résultats acquis dans le cadre du projet SECTOX confirment l'intérêt de poursuivre la surveillance de ce lieu dans le cadre du REPHY également en tant que lieu « sentinelle » pour alerter sur un risque potentiel de la diffusion de cellules du genre *Dinophysis* vers les zones d'élevage et/ou d'efflorescence de ce genre dans les secteurs conchylicoles, et par conséquent sur un risque de contamination des coquillages de la lagune de Thau en toxines lipophiles.

Dans les parcs conchylicoles, les différences de concentrations moyennes du genre *Dinophysis* dans l'eau entre les 13 lieux suivis lors des campagnes SECTOX ont été faibles. Ce genre a été le plus fréquemment observé par ordre décroissant au lieu n°12 localisé dans le secteur de Marseillan proche du rivage au droit de l'exutoire du cours d'eau des Fontanilles, puis dans le secteur de Poussan-Bouzigues aux n°7 et n°2 (« Bouzigues a ») suivi dans le cadre du REPHY. La présence du genre *Dinophysis* n'a pas été synchrone entre les lieux n°7 et n°2 (« Bouzigues a ») qui ont apporté des informations complémentaires.

Par conséquent, concernant la stratégie de surveillance de la présence de *Dinophysis* dans l'eau dans le cadre du volet sanitaire du REPHY, nous préconisons sur la base des résultats des campagnes SECTOX :

- Le maintien du suivi du lieu n°1 « Thau-Crique de l'Angle »
- Dans le secteur de « Bouzigues-Loupian », le maintien du lieu n°2 (« Bouzigues a ») qui est pertinent au-delà de la nécessité de compléter la série temporelle, démarrée en 1987, pour l'évaluation des tendances et de la saisonnalité des abondances de *Dinophysis* dans la lagune de Thau. En complément, le suivi simultané sur plusieurs années du lieu n°7, situé en bordure à l'ouest du secteur de « Bouzigues-Loupian », permettrait d'étendre la couverture spatiale de la surveillance en REPHY Sanitaire dans ce secteur et de vérifier son intérêt
- Dans le secteur de « Marseillan », le maintien du suivi REPHY au lieu n°11 « Marseillan a », et la mise en place du suivi simultanée du lieu n°12. Cette stratégie permettrait d'étendre la période de comparaison des résultats entre les lieux n°11 et n°12, et d'étudier l'opportunité de pérenniser le lieu n°12 s'il s'avère toujours plus fréquemment exposé à la présence du genre *Dinophysis* dans l'eau que le lieu n°11 (« Marseillan a ») suivi dans le cadre du REPHY

⁵ Benjamin Genovesi, David Mouillot, Thierry Laugier, Annie Fiandrino, Mohamed Laabir, André Vaquer, Daniel Grzebyk, Influences of sedimentation and hydrodynamics on the spatial distribution of *Alexandrium catenella/tamarense* resting cysts in a shellfish farming lagoon impacted by toxic blooms, Harmful Algae, Volume 25, 2013, Pages 15-25, ISSN 1568-9883, <https://doi.org/10.1016/j.hal.2013.02.002>.



Conclusions

L'analyse historique des données du REPHYTOX a montré que le risque associé aux toxines lipophiles est actuellement le plus prégnant dans la lagune de Thau, aussi bien en intensité qu'en fréquence. Dans ce contexte, il est opportun d'affiner la stratégie de ce réseau en s'appuyant sur les données disponibles du projet SECTOX.

Cette expertise s'appuie sur l'analyse des données spatialisées du projet SECTOX de dénombrements du genre *Dinophysis* dans l'eau (27 campagnes, 14 lieux) et de concentrations des huîtres creuses et des moules en toxines lipophiles (13 campagnes, 13 lieux), en 2019 et 2020. Sur la base des résultats de ces campagnes, et dans un contexte de gestion non différenciée vis à vis du risque phycotoxinique de ces deux zones, nos propositions d'optimisation de la stratégie de surveillance REPHY sanitaire et REPHYTOX vis-à-vis du risque lipophile sont les suivantes :

- Maintien du suivi en REPHY sanitaire du lieu n°1 « Thau – Crique de l'Angle », localisé en dehors des zones d'élevage, dans un secteur enclavé et peu profond, en tant que « sentinelle »
- Maintien des lieux n°2 « Bouzigues a » et n°11 « Marseillan a » en REPHY et REPHYTOX dont la pertinence n'est pas remise en question et dont l'historique des données est nécessaire pour étudier les tendances d'évolution des différents risques toxiques auxquels sont exposés les coquillages de la lagune de Thau
- Rajout en REPHY sanitaire et REPHYTOX des lieux n°7 localisés à l'Ouest de la zone de Bouzigues-Loupian et n°12 localisés à l'Ouest de la zone de Marseillan pour une durée minimale de 3 ans. A l'issue de cette période, nous recommandons la réalisation d'un bilan afin de vérifier si cette nouvelle stratégie définie à partir des résultats des campagnes SECTOX de 2019 et 2020 est pertinente pour le suivi de tous les épisodes toxiques.

La mise en œuvre de cette proposition d'évolution de la stratégie REPHY Sanitaire et REPHYTOX dans la lagune de Thau aurait pour conséquence le déploiement de moyens humains et matériels supplémentaires significatifs (prélèvements d'eau et de coquillages, identifications et dénombrements des flores toxiques, analyses de coquillages, bancarisation des résultats). Sous réserve de son approbation par la DDPP34 et la DGAL, elle devra faire l'objet d'une étude de faisabilité à conduite en concertation entre les différents acteurs des dispositifs de surveillance (Ifremer, DDPP34, DGAL).

Je vous prie d'agréer, Madame, l'expression de mes salutations distinguées.

Maria Ruysen
Responsable de la station Ifremer Sète

