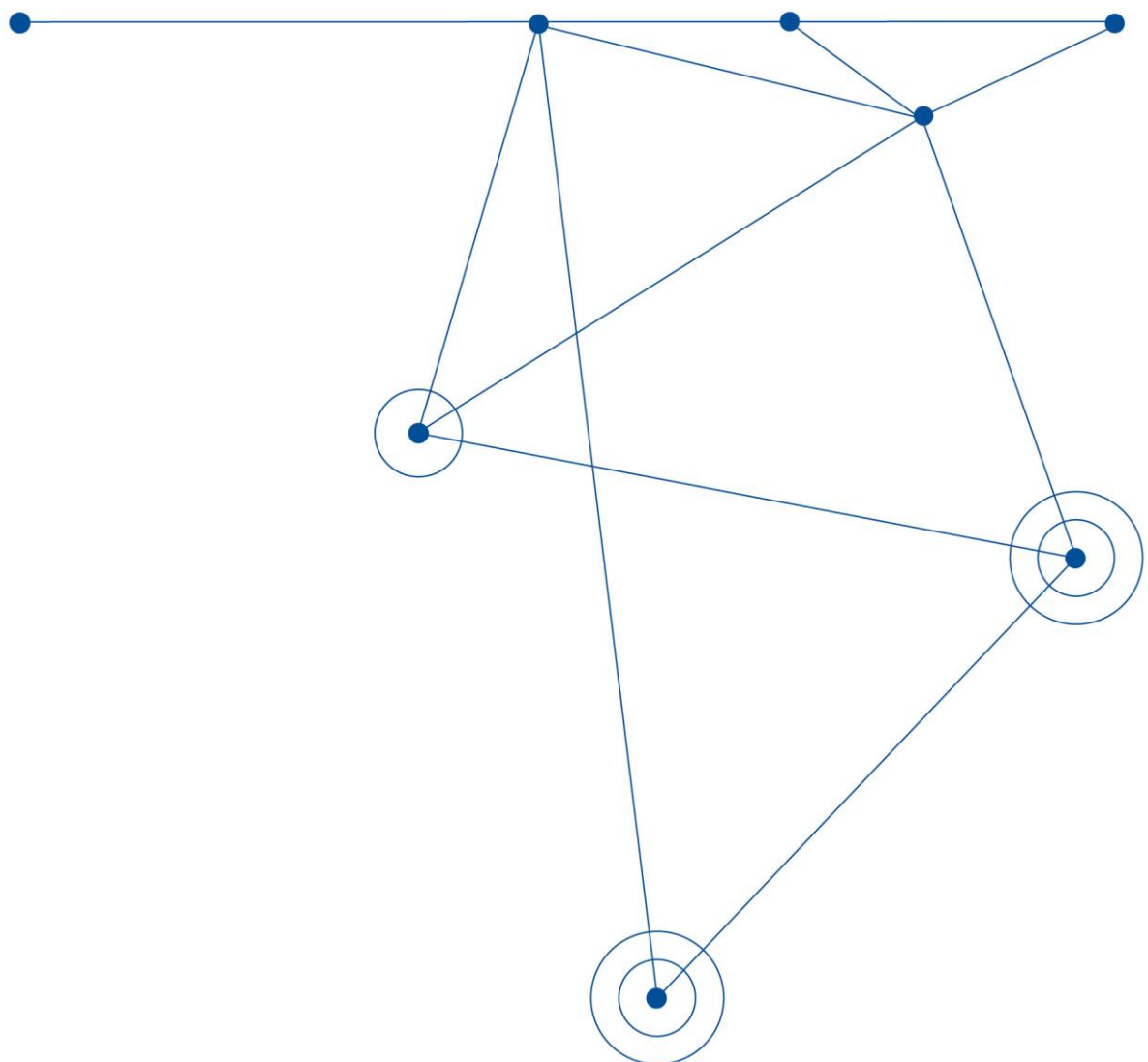


*Bilan des blooms de *Lingulodinium polyedra* de 2021 et 2022 sur le secteur côtier Loire-Vilaine*



1 Contexte

Lingulodinium polyedra (*L. polyedra*) est une espèce phytoplanctonique de la classe des dinoflagellés (Figure 1). Cette espèce est identifiée comme nuisible, pouvant être à l'origine d'efflorescences massives désignées sous le terme générique d'HABs pour « Harmful Algal Blooms ». Durant ces efflorescences, les concentrations de ce dinoflagellé peuvent atteindre plusieurs millions de cellules par litre et provoquer une coloration rouge-marron de l'eau comme observé en 2021 et 2022 sur le secteur côtier Loire-Vilaine. Cette espèce phytoplanctonique est identifiée également comme toxique car associée à la production de yessotoxines (YTXs) appartenant au groupe des toxines lipophiles, qui peuvent s'accumuler dans les coquillages et présenter un risque sanitaire pour le consommateur.

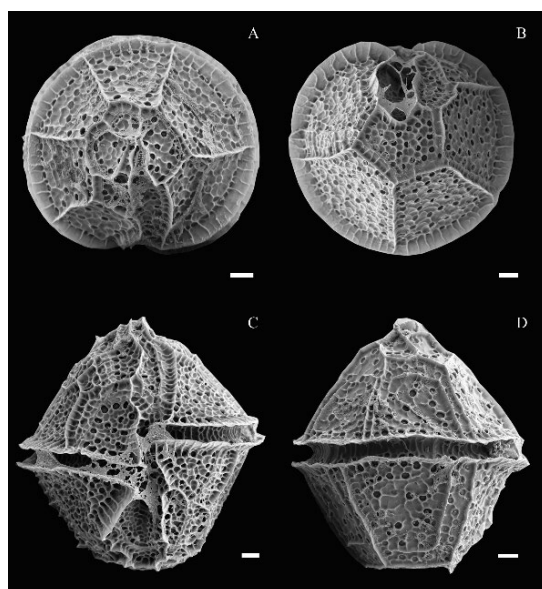


Figure 1. Photos en microscopie électronique à balayage de *L. polyedra*. (A) vue apicale, (B) vue antapicale, (C) vue ventrale, (D) vue dorsale. Barres d'échelle = 3 μ m. Mertens et al, 2023

En 2021 et 2022, des blooms à *L. polyedra* se sont développés au large des estuaires de la Vilaine et de la Loire en formant des eaux colorées rouge-marron (Figure 2). Un suivi de ces épisodes de bloom a été réalisé dans le cadre du réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales (REPHY). Le seuil d'alerte de 10 000 cells/L est défini dans le document de prescription REPHY pour cette espèce phytoplanctonique. Lorsque les abondances ont dépassé ce seuil d'alerte, des prélèvements de coquillages ont été déclenchés dans le cadre du réseau de surveillance des phycotoxines dans les organismes marins (REPHYTOX) pour analyser les toxines lipophiles.



Figure 2. Eau colorée marron-rouge à *L. polyedra* en baie de Vilaine, 7 septembre 2021

2 Dynamique des blooms

En juillet 2021, *L. polyedra* s'est développé au large des estuaires de la Vilaine et de la Loire. La dynamique du bloom a été décrite par Mertens *et al* (2023)¹. Des concentrations de plusieurs millions de cellules par litre ont été atteintes sur plusieurs secteurs côtiers du Morbihan et de la Loire Atlantique. Les observations du réseau REPHY et du projet de sciences participatives Phenomer², ont permis de suivre la dynamique temporelle et spatiale de ce bloom (Figure 3). Les premières abondances significatives de *L. polyedra* ont été observées en baie de Vilaine début juillet et les premières eaux colorées liées à cette espèce phytoplanctonique ont été observées sur ce même secteur début août. Le phénomène s'est étendu mi-août au large de l'estuaire de la Loire, puis le bloom s'est dispersé fin août vers l'ouest du Morbihan et le sud du Finistère sous l'effet des vents d'Est. Le bloom s'est terminé mi-septembre.

¹ Mertens Kenneth, Retho Michael, Manach Soazig, Zoffoli Maria Laura, Doner Anne, Schapira Mathilde, Bilien Gwenaël, Séchet Veronique, Lacour Thomas, Robert Elise, Duval Audrey, Terre Terrillon Aouregan, Derrien Amelie, Gernez Pierre (2023). **An unprecedented bloom of *Lingulodinium polyedra* on the French Atlantic coast during summer 2021.** *Harmful Algae*, 125, 102426 (19p.). <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102426>

² Phenomer : <https://www.phenomer.org/>

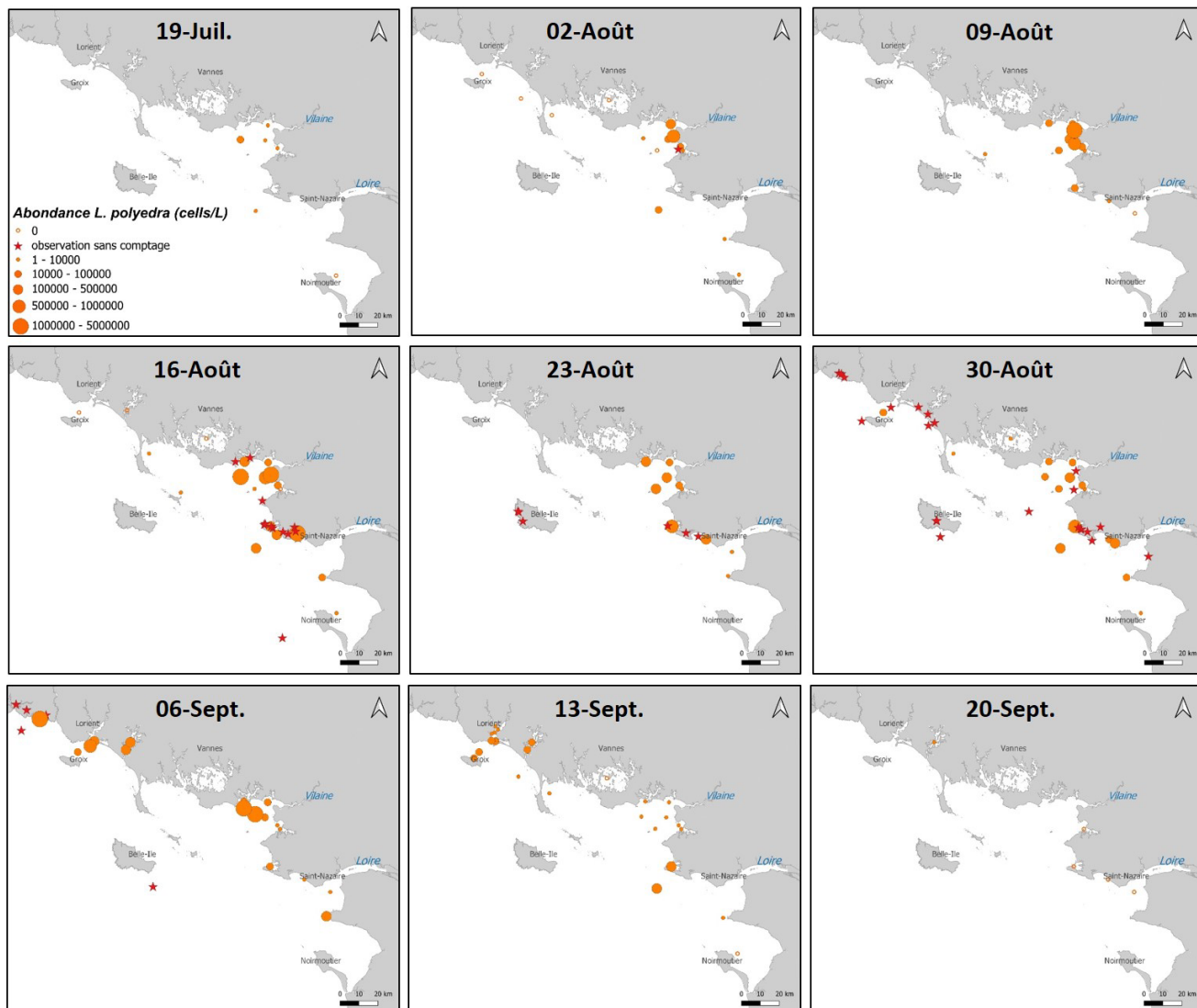


Figure 3. Evolution spatiale et temporelle des abondances de *L. polyedra* observées en 2021 dans le cadre du réseau REPHY et du projet Phenomer.

L. polyedra produit des kystes de résistance connus sous le nom de *Lingulodinium machaerophorum*. Ces kystes sont produits en fin de bloom et peuvent s'accumuler dans les sédiments puis germer lorsque les conditions environnementales redeviennent favorables. Des échantillonnages de sédiments ont été réalisés entre mi-février et mi-mars 2022 sur plusieurs stations réparties sur le littoral du Morbihan et de Loire Atlantique pour quantifier les kystes de *L. polyedra*.

Des concentrations élevées en kystes ont été quantifiées dans les secteurs les plus impactés par les eaux colorées à *L. polyedra* (Figure 4). Les concentrations étaient également en lien avec la granulométrie du sédiment, les concentrations les plus élevées étant observées dans les sédiments fins.

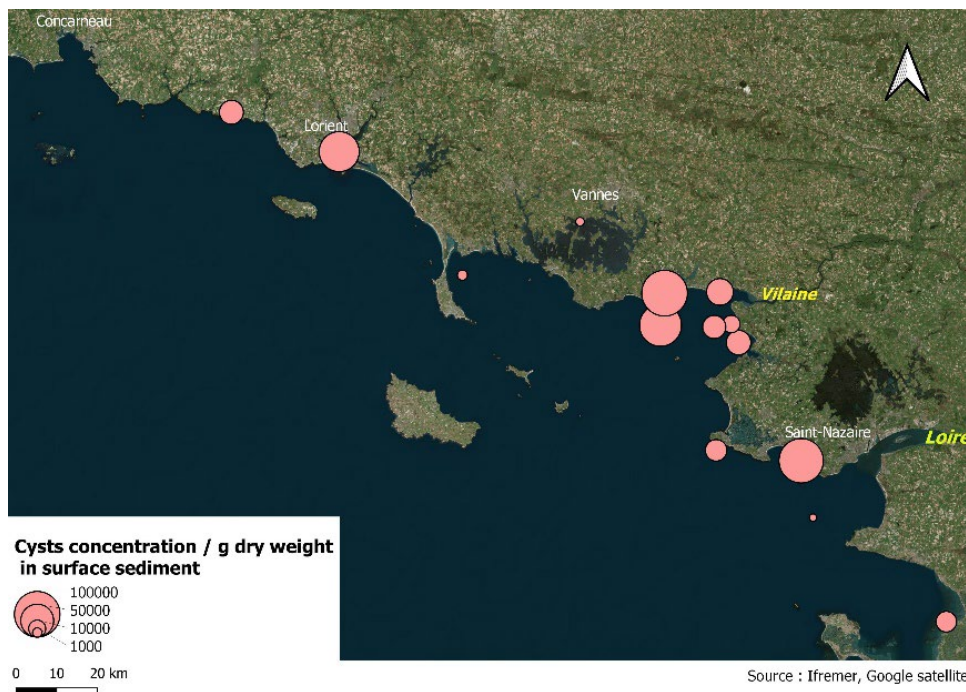


Figure 4. Concentrations de kystes de *L. polyedra* dans le sédiment de surface à la fin de l’hiver 2021/2022. Mertens et al, 2023

En 2022, les premières efflorescences à *L. polyedra* ont été observées en baie de Vilaine fin avril (Figure 5). Une eau colorée a été observée la semaine du 9 mai en baie de Vilaine avec des abondances de *L. polyedra* de 250 000 cells/L (Figure 5). Le seuil d’alerte de 10 000 cells/L a également été dépassé au large d’Etel et au large de la Loire au cours de cette même période. Les abondances de *L. polyedra* ont été très élevées sur de nombreux secteurs de la baie de Vilaine et sur le littoral de Loire Atlantique de mi-mai à mi-juin avec des concentrations maximales enregistrées fin mai et début juin : 1,5 millions cells/L en sortie de la rivière de Pénerf, 2 millions cells/L à la station REPHY « Ouest Loscolo » le 30 mai, et 3,2 millions cells/L à Pornichet le 6 juin. De nombreuses eaux colorées ont également été signalées dans le cadre du projet Phenomer entre fin mai et mi-juin. Les concentrations ont diminué sur l’ensemble du secteur côtier Loire-Vilaine la semaine du 20 juin excepté en rivière d’Etel où une concentration de 75 000 cells/L a été observée. Les abondances en *L. polyedra* étaient toutes inférieures au seuil de 10 000 cells/L à partir de la dernière semaine de juin (Figure 5).

Dès le début du bloom à *L. polyedra*, des abondances très élevées d’*Alexandrium tamarense* ont été observées en baie de Vilaine. Des eaux colorées ont été observées dans l’estuaire de Vilaine à partir de fin mai jusqu’à début juillet avec une concentration maximale de 7 millions cells/L enregistrée début juin. Des efflorescences à *A. tamarense* ont également été observées en sortie d’estuaire de Loire à partir du 20 juin avec une concentration maximale de 4,7 millions cells/L enregistrée à Pornichet le 4 juillet. Les concentrations en *Alexandrium* sont restées élevées en sortie d’estuaire de Loire jusqu’à fin juillet.

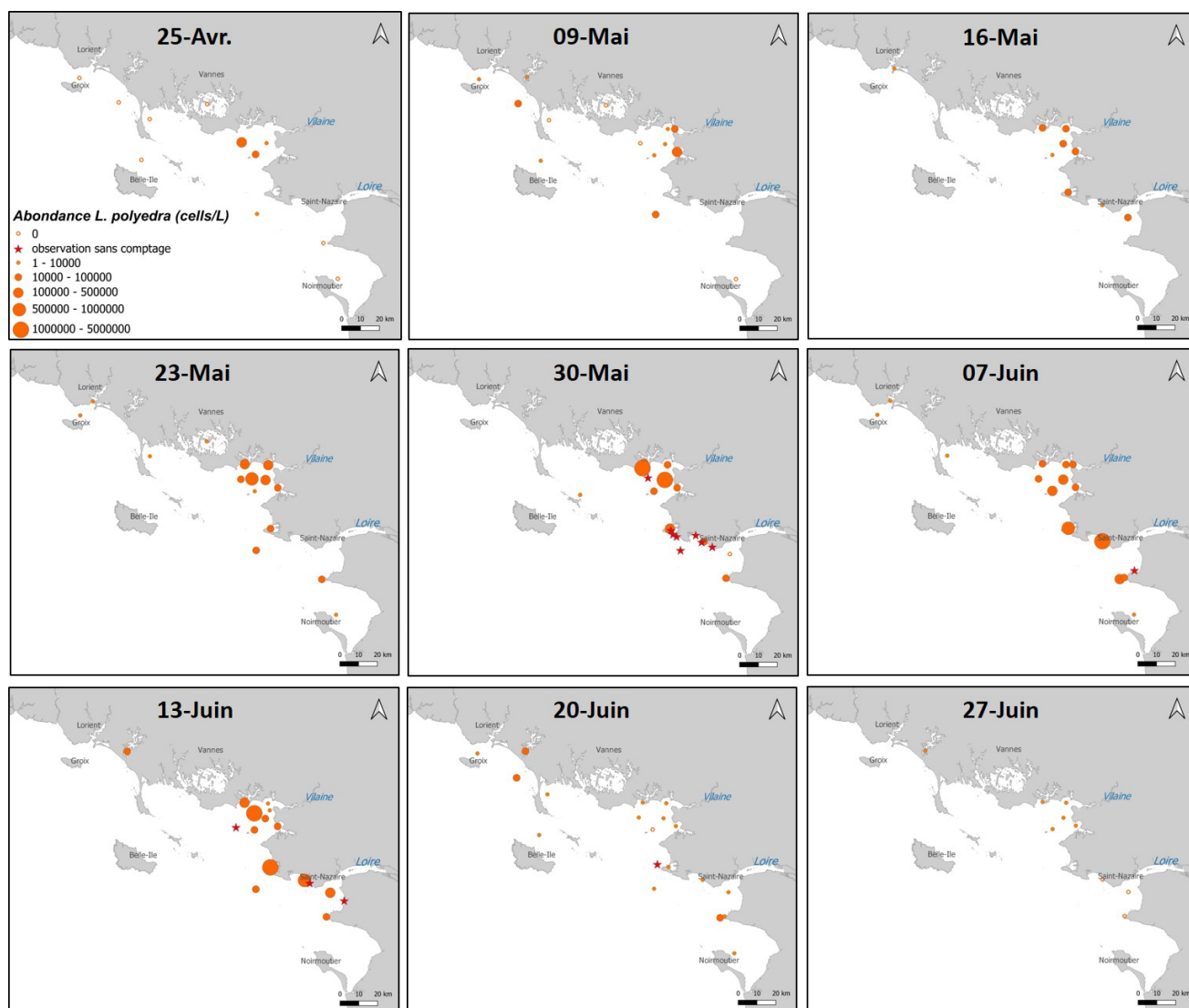


Figure 5. Evolution spatiale et temporelle des abondances de *L. polyedra* observées en 2022 dans le cadre du réseau REPHY et du projet Phenomer.

3 Comparaison de l'intensité des blooms 2021 et 2022

Il est difficile d'utiliser les données REPHY pour évaluer l'intensité des blooms à *L. polyedra*. En effet, les échantillonnages REPHY sont réalisés sur des stations fixes au même moment de la marée (marée haute +/- 2h), et avec une fréquence d'échantillonnage au mieux hebdomadaire, alors que les eaux colorées se déplacent rapidement sous l'influence des vents et des courants de marée.

Afin de comparer les épisodes de blooms de *L. polyedra* en 2021 et 2022, une évaluation de l'intensité des blooms a été réalisée à partir des images satellites qui permettent de mieux caractériser la variabilité spatiale et temporelle des blooms. Cette évaluation se base sur les concentrations en chlorophylle *a* dérivées des images satellites en considérant que la teneur en chlorophylle *a* était principalement liée aux abondances de

Bilan des blooms *Lingulodinium polyedra* en secteur côtier Loire-Vilaine 2021-2022

L. polyedra pendant la période de bloom. Les images journalières d'une résolution d'un kilomètre issues des satellites MODIS et MERIS ont été traitées et interpolées.

La baie de Vilaine a été choisie pour cette évaluation car les concentrations en YTXs dans les coquillages ont avoisiné le seuil réglementaire dans ce secteur en 2022. En revanche, un fort développement d'*Alexandrium* a été observé sur la même période que *L. polyedra* en 2022 dans l'estuaire de Vilaine, et les données de la masse d'eau GT27 (Figure 6) n'ont donc pas été utilisées pour l'évaluation. Celle-ci a été réalisée sur la masse d'eau GC 44 moins impactée par l'efflorescence d'*Alexandrium* d'après les comptages microscopiques : les valeurs observées de chlorophylle *a* peuvent donc être principalement attribuées à la présence de *L. polyedra*.

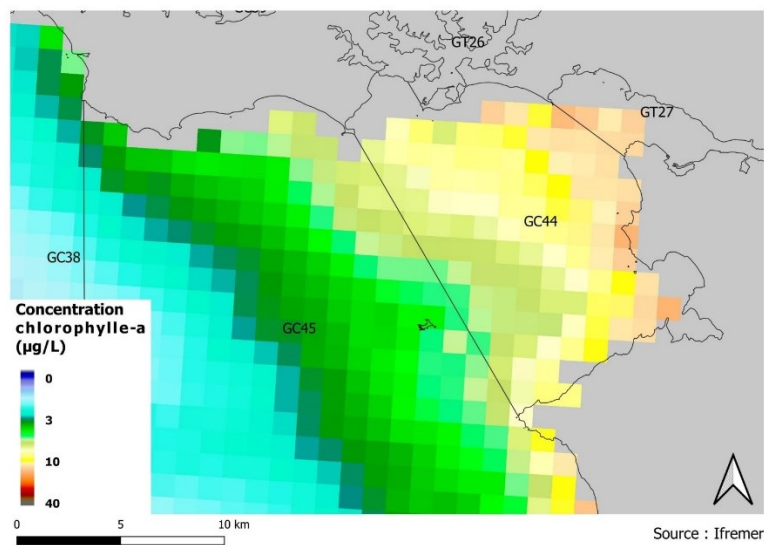


Figure 6. Représentation de la moyenne en chlorophylle *a* déterminée par satellite pour chaque pixel en 2021 issue des images journalières sur la période des semaines 29 à 36.

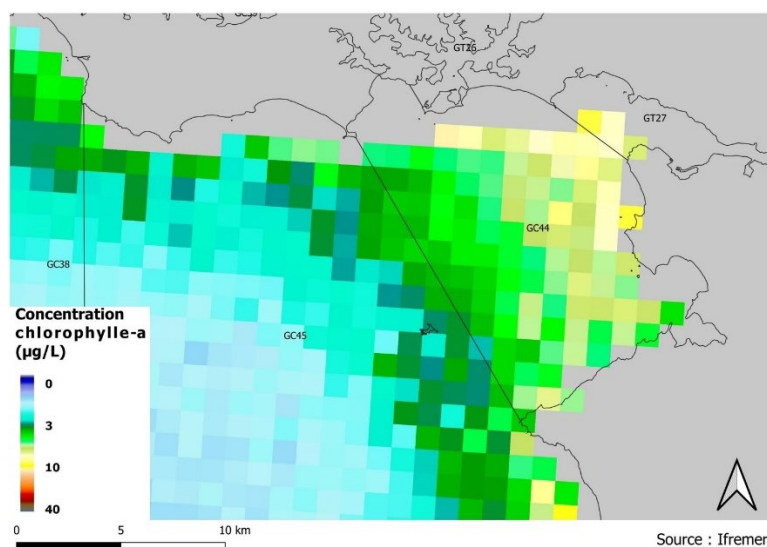


Figure 7. Représentation de la moyenne en chlorophylle-*a* déterminée par satellite pour chaque pixel en 2022 issue des images journalières sur la période des semaines 17 à 24.

Bilan des blooms *Lingulodinium polyedra* en secteur côtier Loire-Vilaine 2021-2022

La moyenne de chaque pixel a été calculée pour l'ensemble de la masse d'eau GC44, ainsi que les moyennes de l'ensemble des pixels de la zone, sur les deux périodes de bloom étudiées :

- de la semaine 29 à la semaine 36 en 2021
- de la semaine 17 à la semaine 24 en 2022.

Le critère choisi pour déterminer le début et la fin de la période de bloom est le seuil d'alerte REPHY de 10 000 cells/L qui déclenche des prélèvements de coquillages pour recherche de YTXs dans les coquillages.

Les deux phénomènes de bloom ont été observés sur une durée similaire de 7 semaines, mais à des périodes différentes : en période estivale en 2021 (du 19 juillet au 11 septembre) et en période printanière en 2022 (du 25 avril au 19 juin).

La biomasse chlorophyllienne principalement liée à *L. polyedra* pendant les périodes de blooms, était plus élevée à proximité de la côte pendant les deux années (Figure 6 et Figure 7). On observe des concentrations moyennes en chlorophylle *a* plus importantes en 2021 qu'en 2022, suggérant que le bloom à *L. polyedra* a été plus intense en 2021.

Les moyennes de tous les pixels issus de la masse d'eau GC44 des deux périodes de bloom confirment les images pixelaires. En effet, en 2021, la moyenne de chlorophylle *a* pour l'ensemble de la zone atteint 7,73 mg/L contre 5,44 mg/L en 2022 (Figure 8).

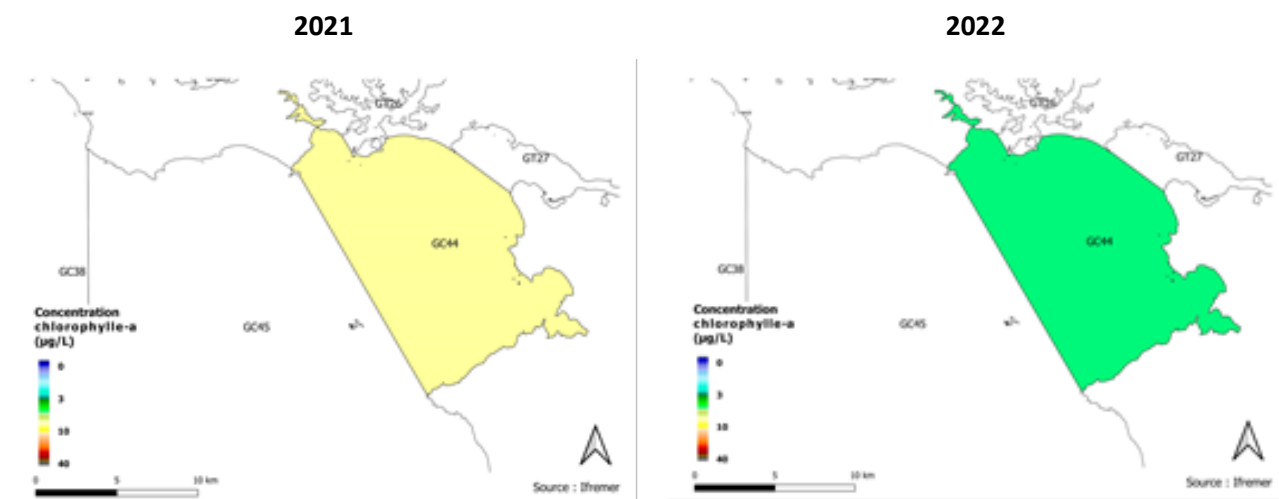


Figure 8. Représentation de la moyenne en chlorophylle *a* déterminée par satellite pour la masse d'eau GC44 pour la période du 19 juillet au 11 septembre 2021 à gauche et pour la période du 25 avril au 19 juin à droite.

4 Suivi des concentrations en YTXs dans les coquillages

Des prélèvements de coquillages ont été réalisés pour recherche des toxines lipophiles dans le cadre du réseau REPHYTOX lorsque le seuil d’alerte dans l’eau de 10 000 cells/L de *L. polyedra* était dépassé. Les stratégies d’échantillonnage des lieux du REPHY sanitaire et du REPHYTOX du Morbihan et de Loire Atlantique ont été appliquées (<https://archimer.ifremer.fr/doc/00747/85905/>, <https://archimer.ifremer.fr/doc/00747/85910/>).

Il est établi que les moules se contaminent plus vite en toxines lipophiles que les autres espèces de coquillages. Lorsqu’elles sont présentes et exploitées sur un secteur surveillé, les prescriptions REPHYTOX prévoient donc qu’elles soient utilisées comme espèce sentinelle. Ainsi en début de phénomène, les premières analyses sont effectuées uniquement sur les moules, puis, si un début de contamination est observé (dépassement du demi-seuil réglementaire), la surveillance s’étend aux autres espèces exploitées. Les yessotoxines appartiennent au groupe des toxines lipophiles, mais après discussion avec la coordination nationale REPHY-REPHYTOX, cette stratégie d’espèce sentinelle n’a pas été appliquée pour le suivi des épisodes toxiques à *L. polyedra* car il n’existait pas d’historique prouvant que les moules se contaminaient plus vite en YTXs produites par *L. polyedra*. Lorsque le seuil d’alerte dans l’eau était dépassé, toutes les espèces de coquillages exploitées dans la zone étaient analysées.

Les résultats de la surveillance des toxines pour les épisodes toxiques de 2021 et 2022 sont décrits ci-après pour les secteurs géographiques les plus touchés par des efflorescences de *L. polyedra*.

4.1 Baie de Vilaine

4.1.1 Morbihan

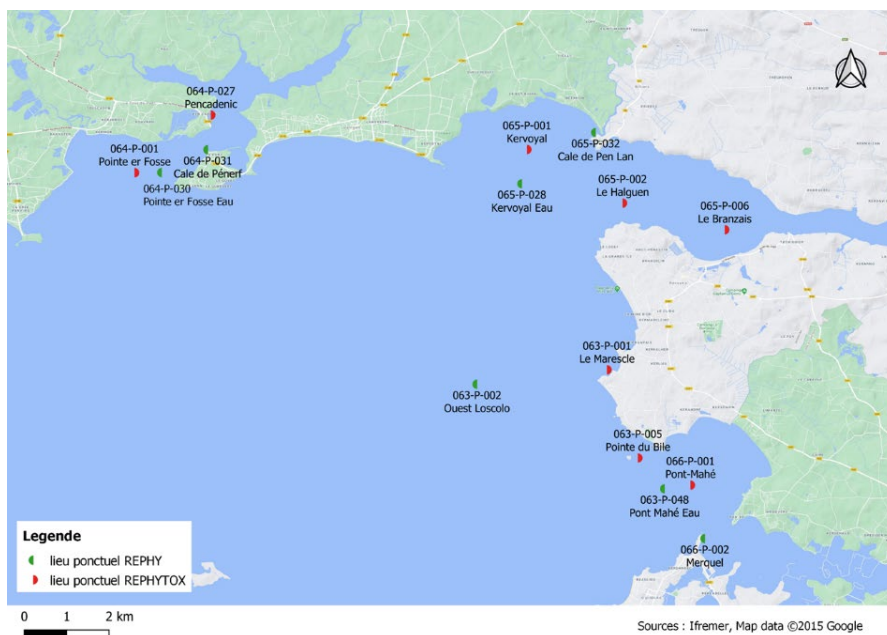


Figure 9. Localisation des lieux de surveillance REPHY et REPHYTOX en baie de Vilaine

Bilan des blooms *Lingulodinium polyedra* en secteur côtier Loire-Vilaine 2021-2022

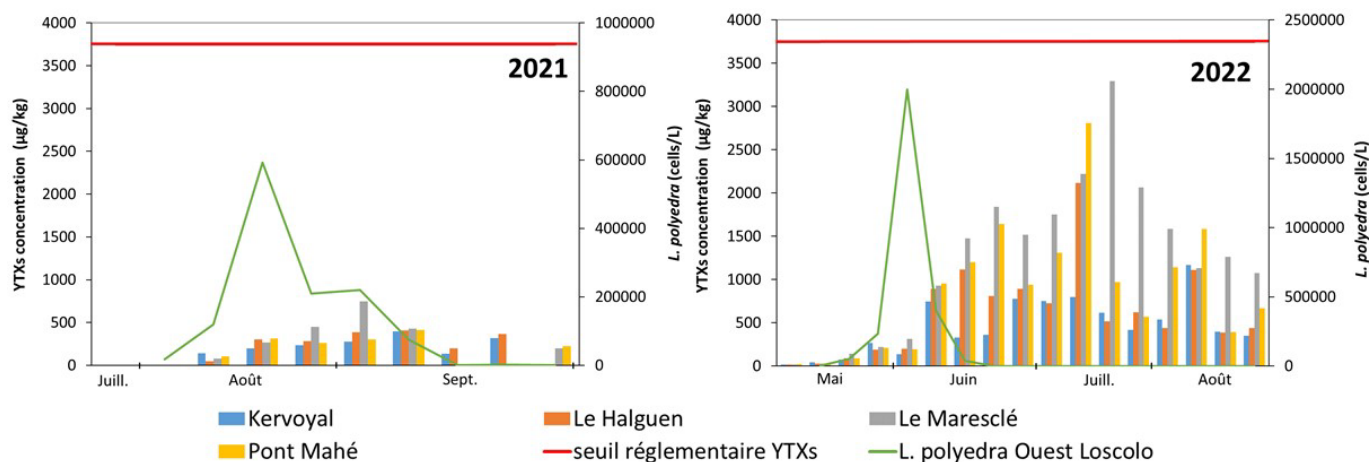


Figure 10. Evolution des concentrations en YTXs dans les moules sur quatre stations de baie de Vilaine pendant les efflorescences de *L. polyedra* en 2021 et 2022.

En 2021, une augmentation des concentrations en YTXs a été observée sur les 4 stations REPHYTOX de la baie de Vilaine avec une concentration maximale de 747 µg YTX équivalents/kg enregistrée à la station « Le Maresclé » (Figure 10). C'était la plus forte concentration enregistrée dans les coquillages du Morbihan et de Loire Atlantique en 2021. Cette concentration était largement inférieure au seuil réglementaire de sécurité sanitaire de 3750 µg YTX éq/kg malgré les fortes abondances de *L. polyedra* enregistrées en baie de Vilaine. L'abondance maximale en *L. polyedra* observée à la station « Ouest Loscolo » était de l'ordre de 600 000 cells/L et des concentrations de plusieurs millions de cellules par litre ont été observées dans les eaux colorées de ce secteur (Figure 10).

En 2022, l'augmentation des concentrations en YTXs dans les moules des quatre secteurs a été plus importante qu'en 2021 avec une concentration maximale de 3296 µg YTX éq/kg atteinte à la station « Le Maresclé », très proche du seuil de sécurité sanitaire (Figure 10). Les concentrations maximales en YTXs ont été enregistrées six à sept semaines (selon les stations) après le maximum d'abondance en *L. polyedra* (2 millions cells/L) observé le 2 mai à la station « Ouest Loscolo ».

4.1.2 Loire-Atlantique

Deux stations REPHYTOX de la baie de Vilaine sont situées dans le département de Loire-Atlantique : « Pointe Castelli » et « Ile Dumet » qui ont pour stations REPHY de référence « Ouest Loscolo » et « Ile Dumet (a) » respectivement (Figure 11).

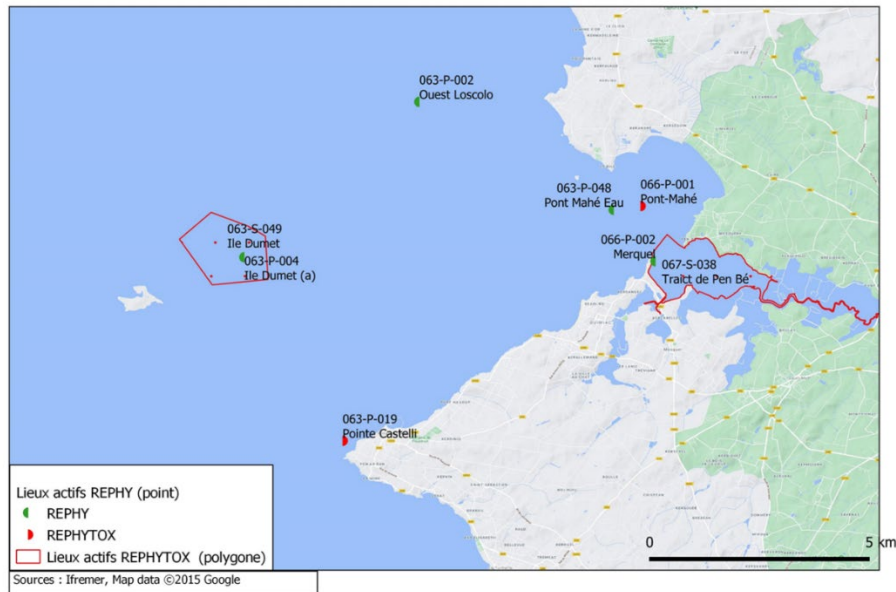


Figure 11. Localisation des lieux de surveillance REPHY et REPHYTOX au sud de la baie de Vilaine

Pointe Castelli

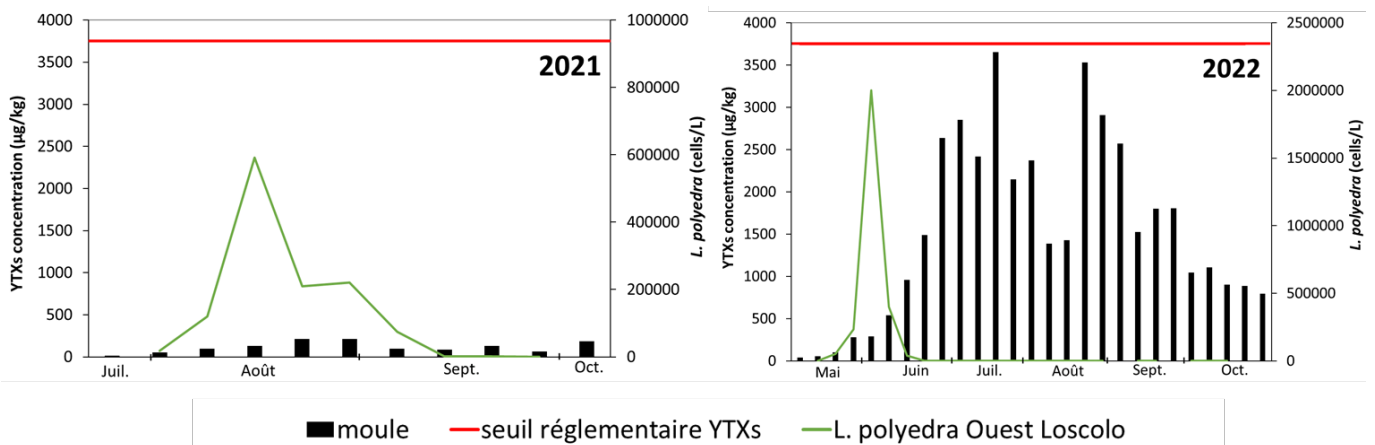


Figure 12. Evolution des concentrations en YTXs dans les coquillages de la station «Pointe Castelli » pendant les efflorescences de *L. polyedra* en 2021 et 2022.

En 2021, les concentrations en YTXs dans les moules sont restées en dessous de 215 µg YTX éq/kg malgré les abondances importantes en *L. polyedra* (Figure 12). Malgré l'absence de *L. polyedra* à Ouest Loscolo à partir de mi-septembre, les moules ont continué à être analysées en toxines lipophiles en raison de la présence de *Dinophysis* jusqu'à mi-octobre.

En 2022, on observe une forte augmentation de la teneur en YTXs dans les moules avec un maximum de 3653 µg YTX éq/kg qui intervient sept semaines après le maximum d'abondance en *L. polyedra* à Ouest Loscolo (Figure 12). C'est la concentration maximale enregistrée dans les coquillages sur le secteur côtier Loire-Vilaine

lors de l'épisode de bloom à *L. polyedra* de 2022. Cette concentration était très proche du seuil réglementaire de 3750 µg YTX éq/kg. La station REPHYTOX « Pointe Castelli » était en période à risque toxines lipophiles de mai à juillet et les concentrations en AO+DTXs sont restées supérieures au demi-seuil réglementaire jusqu'à fin octobre. Un suivi hebdomadaire des YTXs a donc été réalisé sur ce point malgré une abondance de *L. polyedra* inférieure au seuil d'alerte sur la station REPHY « Ouest loscolo » à partir de mi-juin. On observe une diminution de la concentration en YTXs de mi-juillet à mi-août puis une nouvelle augmentation brutale le 22 août (3532 µg YTX éq/kg) alors que *L. polyedra* n'était plus présent à « Ouest Loscolo » depuis fin juillet (Figure 12). La concentration en YTXs a ensuite diminué progressivement jusqu'à fin octobre.

Ile Dumet

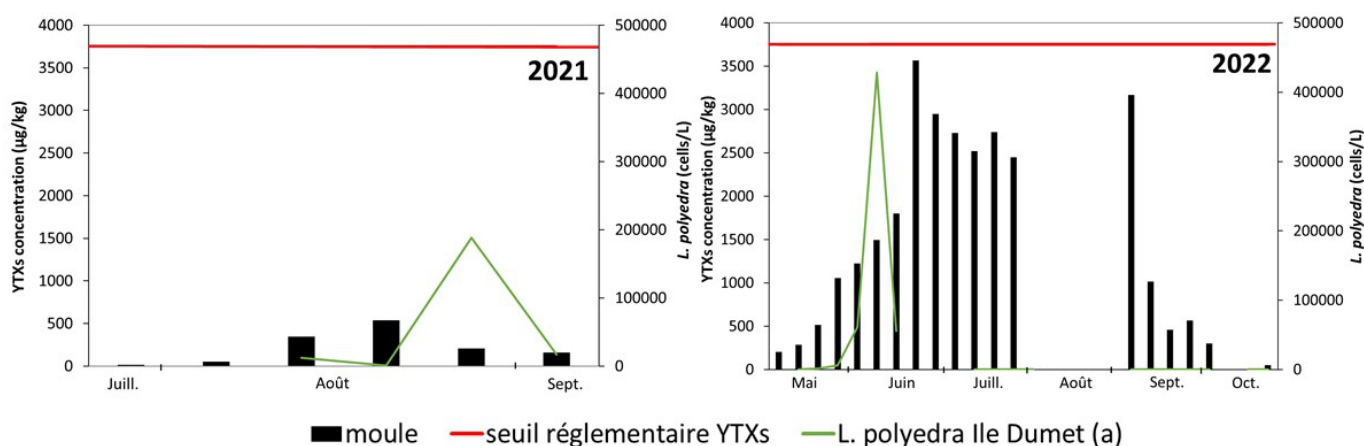


Figure 13. Evolution des concentrations en YTXs dans les coquillages de la station « Ile Dumet » pendant les efflorescences de *L. polyedra* en 2021 et 2022.

En 2021, les concentrations en YTXs dans les moules de filière de l'île Dumet ont atteint 538 µg YTX éq/kg (Figure 13). L'abondance maximale en *L. polyedra* sur la station REPHY « Ile Dumet (a) » était inférieure à 200 000 cells/L. Les suivis en YTXs dans les moules et en *L. polyedra* dans l'eau se sont arrêtés début septembre car les filières de moules n'étaient plus exploitées.

En 2022, l'abondance maximale en *L. polyedra* à la station « Ile Dumet (a) » a été enregistrée début juin (environ 430 000 cells/L). La concentration maximale en YTXs dans les moules d'environ 3567 µg YTX éq/kg a été atteinte le 20 juin soit 2 semaines après cette abondance maximale de *L. polyedra* (Figure 13). La teneur en YTXs dans les moules a ensuite diminué jusqu'à fin juillet. Il n'y a pas eu de suivi des toxines dans les moules en août car la zone n'était pas en période à risque toxines lipophiles en août et les abondances en *L. polyedra* étaient en dessous du seuil d'alerte de 10 000 cells/L à la station « Ile Dumet (a) ». La zone était à nouveau en période à risque toxine lipophiles en septembre, et la concentration en YTXs enregistrée début septembre dans les moules était encore très élevée (environ 3170 µg YTX éq/kg). Cette concentration a diminué fortement à partir de la semaine suivante.

4.2 Traict de Pen Bé (Loire Atlantique)

La station de référence REPHY pour ce secteur est la station « Pont Mahé Eau » (Figure 11). Les abondances maximales de *L. polyedra* sur cette station n'ont pas dépassé 100 000 cells/L en 2021 et 2022. Les concentrations en YTXs dans les coquillages de ce secteur ont été très faibles en 2021 (Figure 14) alors qu'en 2022, une augmentation des concentrations en YTXs a été observée dans les moules avec une concentration maximale d'environ 1500 µg YTX éq/kg. Dans le même temps, les teneurs en YTXs dans les coques n'ont pas dépassé 240 µg YTX éq/kg et les YTXs sont restées inférieures à la limite de quantification dans les huîtres.

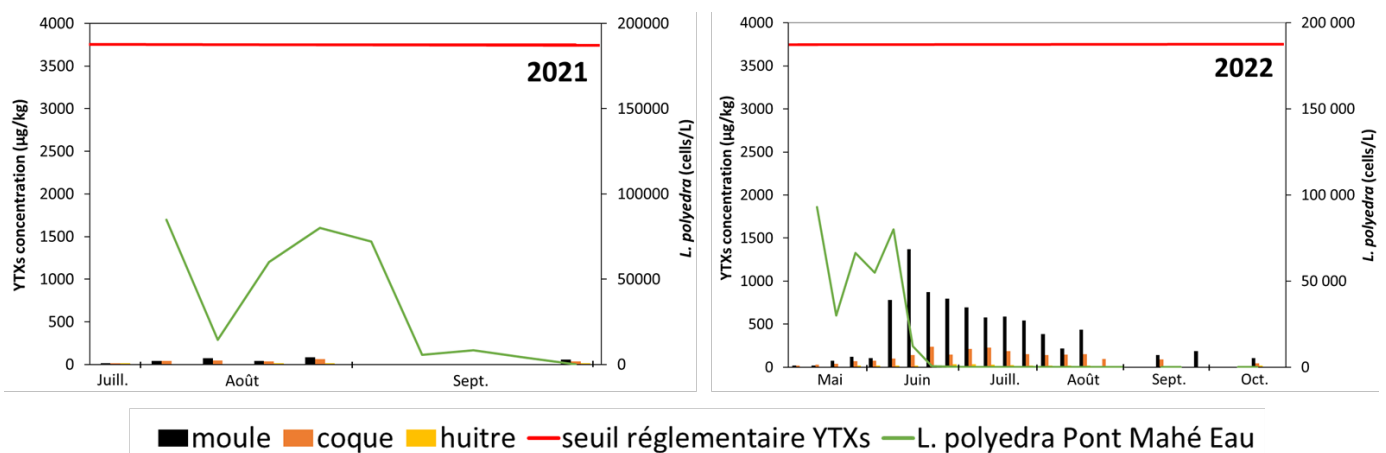


Figure 14. Evolution des concentrations en YTXs dans les coquillages du traict de Pen Bé pendant les efflorescences de *L. polyedra* en 2021 et 2022.

4.3 Le traict du Croisic (Loire Atlantique)

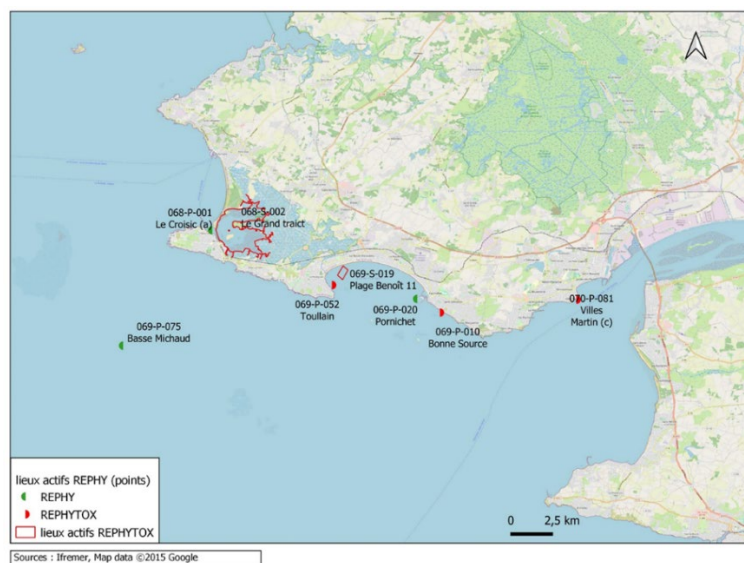


Figure 15. Localisation des lieux de surveillance REPHY et REPHYTOX dans le Traict du Croisic

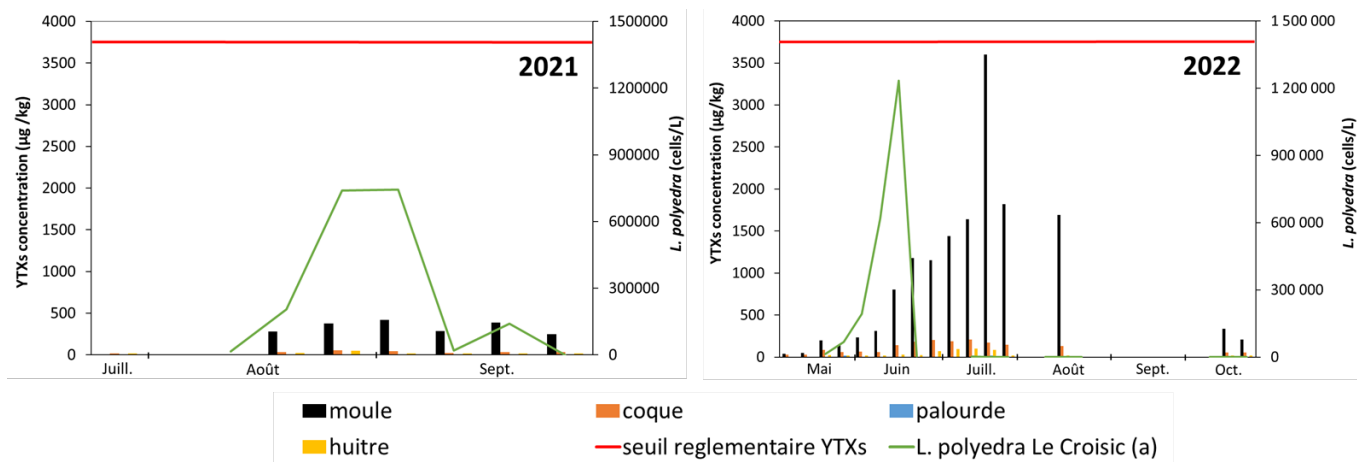


Figure 16. Evolution des concentrations en YTXs dans les coquillages du tract du Croisic pendant les efflorescences de *L. polyedra* en 2021 et 2022.

En 2021, l'abondance en *L. polyedra* sur la station de référence REPHY « Le Croisic (a) » a avoisiné 750 000 cell/L et la concentration en YTXs dans les moules a atteint environ 420 µg YTX éq/kg (Figure 16). Les concentrations en YTXs dans les coques, les palourdes et les huîtres exploitées également dans ce secteur sont restées très faibles et largement inférieures à celles mesurées dans les moules.

En 2022, le seuil d'alerte de 10 000 cells/L a été dépassé à partir de mi-mai et l'abondance a ensuite augmenté progressivement pour atteindre environ 1.2 millions cells/L le 13 juin. Les abondances étaient inférieures au seuil d'alerte à partir de la semaine suivante. La concentration maximale dans les moules a été atteinte mi-juillet (environ 3600 µg YTX éq/kg), cinq semaines après le pic de *L. polyedra* (Figure 16). Les concentrations en YTXs dans les autres coquillages sont restées largement inférieures à celles des moules avec un maximum d'environ 210 µg YTX éq/kg dans les coques et 100 µg YTX éq/kg dans les huîtres. Les teneurs en YTXs dans les palourdes sont restées inférieures à la limite de quantification sur la même période.

5 Conclusion

Les concentrations en YTXs dans les coquillages ont été plus élevées en 2022 qu'en 2021 alors que l'analyse des images satellites dans le secteur de la baie de Vilaine suggère que le bloom à *L. polyedra* a été moins intense en 2021 qu'en 2022. Les concentrations maximales en YTXs atteintes dans les moules de certains secteurs en 2022, étaient très proches du seuil réglementaire. Les résultats de la surveillance en 2022 confirment une contamination en YTXs beaucoup plus importante des moules par rapport aux autres coquillages. Ceci suggère que la moule pourrait être utilisée comme coquillage sentinelle pour le suivi des épisodes toxiques à *L. polyedra*.

En 2022, un décalage a été observé entre l'abondance maximale de *L. polyedra* et les concentrations maximales en YTXs dans les coquillages. Les kystes de *L. polyedra*, qui sont produits en fin de bloom, pourraient participer à la contamination des coquillages. La production potentielle de YTXs par les kystes de *L. polyedra* pourrait expliquer le décalage temporel observé. Par ailleurs, un autre taxon connu pour produire plus de YTXs que *L. polyedra*, *Protoceratium reticulatum*, a été observé sur certaines stations à faible concentration et pourrait donc avoir contribué à la contamination en YTXs des coquillages sur certains secteurs. De nouvelles études portant sur la toxicité potentielle des kystes de *L. polyedra* seraient nécessaires à une meilleure compréhension de ces événements de contamination. La stratégie de surveillance des YTXs liées à *L. polyedra* devra prendre en compte cette particularité. Comme pour l'AO+DTXs, il serait opportun de réaliser un suivi des YTXs dans les coquillages tant que la concentration en YTXs est supérieure au demi-seuil réglementaire (1875 µg YTX éq/kg).

Des échantillonnages de sédiments pour analyse des kystes ont été réalisés entre mi-janvier et début mars 2023 sur les mêmes stations qu'en 2022. Ils permettront de suivre l'évolution des concentrations en kystes de *L. polyedra* sur le secteur côtier Loire-Vilaine.