

Direction Départementale des Territoires
et de la Mer de Loire-Atlantique
Section cultures marines
9, Bd de Verdun
CS 40424
44616 Saint- Nazaire cedex

Nantes, le 19 avril 2024
N/Réf. LER/MPL/24.20/Na et Ref Avis P9 : 23-089
V/Réf. Courriel du 10 octobre 2023

Affaire suivie par : M. Rétho, S. Manach, M. Schapira, A. Schmitt

Objet : Avis technique de l’Ifremer sur les efflorescences à *Dinophysis* et les contaminations en toxines lipophiles des coquillages observées en 2023 sur le littoral de Loire Atlantique.

Madame, Monsieur,

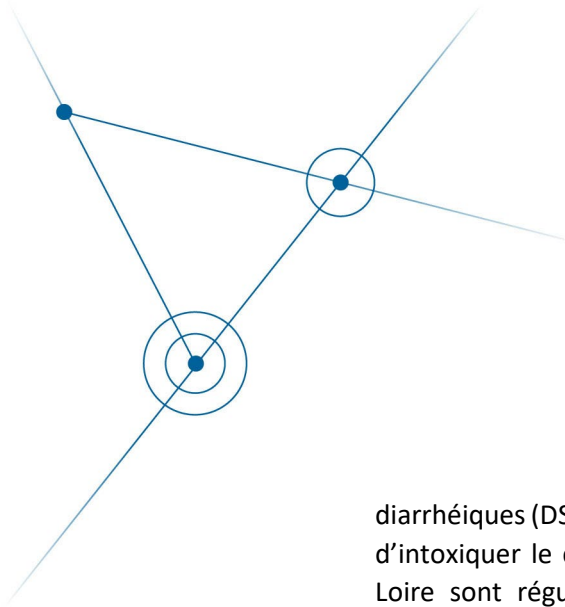
Vous avez sollicité l’avis de l’Ifremer par courrier du 20/10/23 sur l’ampleur des efflorescences de phytoplanctons toxiques en 2023 ayant engendré des taux de contamination élevés dans les coquillages pendant la période estivale et de longues périodes de fermetures sur certaines zones de pêches. Votre demande porte également sur les causes de ce phénomène et les perspectives à en tirer dans un contexte d’accélération du dérèglement climatique.

Le présent avis caractérise le phénomène de 2023 et le resitue dans l’historique des années précédentes. En revanche un avis sur les perspectives d’évolution de ce phénomène et les causes de cette évolution impliquerait une mobilisation plus large d’experts, impossible dans le cadre de cette sollicitation. Elle nécessiterait le déploiement de projets spécifiques bénéficiant d’un financement dédié, une réflexion à l’échelle nationale est en cours

L’espèce phytoplanctonique toxique en question n’est pas précisée dans votre demande. Le taxon qui a engendré des contaminations en toxines importantes dans les coquillages en 2023, est *Dinophysis*. Cet avis apporte donc des éléments sur ce taxon et les contaminations en toxines lipophiles des coquillages qui y sont liées.

Contexte

Au sein des dinoflagellés, le genre *Dinophysis* comprend de nombreuses espèces, dont certaines sont connues pour produire des toxines lipophiles incluant des toxines



diarrhétiques (DSP¹), qui en s'accumulant dans les mollusques bivalves, sont susceptibles d'intoxiquer le consommateur. Depuis les années 80, les eaux littorales des Pays de Loire sont régulièrement affectées par des proliférations de *Dinophysis*. L'espèce principale identifiée dans les eaux côtières au Nord de la Loire, est *Dinophysis acuminata*, qui produit de l'acide okadaïque dont les effets aigus sur les vertébrés supérieurs comprennent des symptômes diarrhétiques (Souchu et *al.*, 2012).

La surveillance du phytoplancton toxique dans l'eau est assurée par le réseau REPHY « réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales ». La présence de *Dinophysis* dans les échantillons d'eau du REPHY déclenche des analyses de toxines lipophiles dans les coquillages dans le cadre du réseau REPHYTOX « réseau de surveillance des phycotoxines dans les organismes marins ». La stratégie d'échantillonnage des lieux du REPHY et du REPHYTOX en Loire-Atlantique (Figure 1) est décrite dans une procédure sous la forme de logigrammes décisionnels : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00747/85910/>.

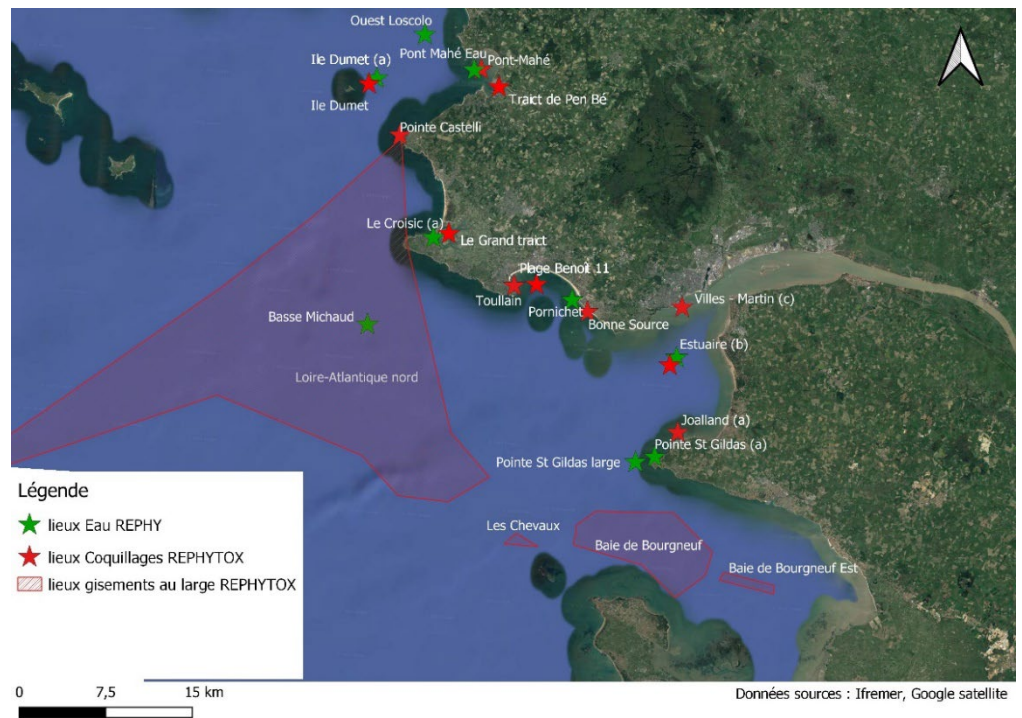


Figure 1. Localisation des lieux de suivi REPHY et REPHYTOX en Loire-Atlantique

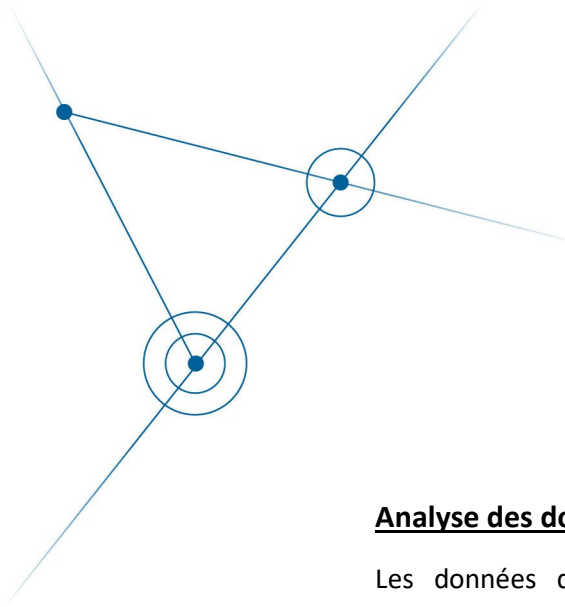
¹ DSP : Diarrhetic Shellfish Poisoning

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

Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 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



Analyse des données de la surveillance REPHY et REPHYTOX

Les données d'abondance de *Dinophysis* sur la période 2007 à 2023 et les concentrations en toxines lipophiles dans les coquillages exploités en Loire-Atlantique sur la période 2010 (année de la mise en place des analyses chimiques) à 2023, ont été extraites de la base de données Quadrige afin de replacer les événements de l'année 2023 dans un contexte pluriannuel.

Cette analyse est présentée par secteur du Nord au Sud. Les teneurs en toxine lipophiles dans les moules ont été privilégiées lorsqu'elles étaient présentes sur le secteur d'intérêt, les moules se contaminant plus vite que les autres bivalves.

Secteurs Baie de Vilaine et Traict de Pen Bé

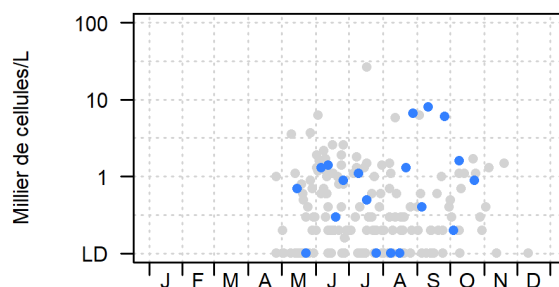
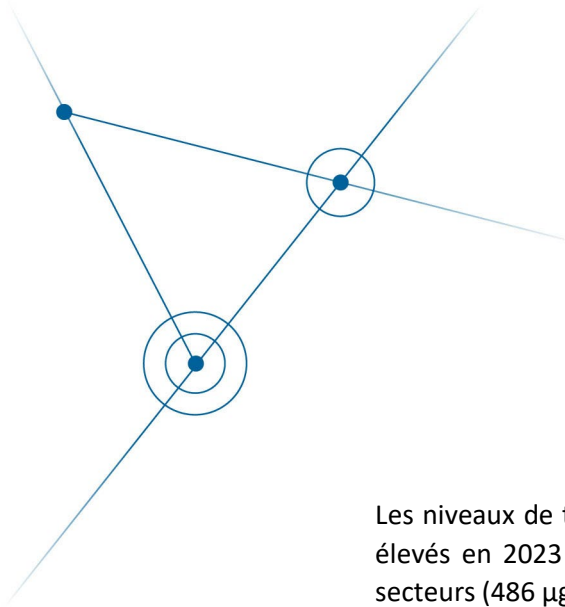


Figure 2. Evolution des abondances en *Dinophysis* sur le lieu REPHY « Pont Mahé Eau » en 2023 (points bleus) en comparaison avec les valeurs des années 2007 à 2022 (points gris)

La surveillance du phytoplancton toxique dans l'eau pour les secteurs de Pont Mahé et du traict de Pen Bé, s'effectue avec le lieu REPHY « Pont Mahé Eau » (Figure 1). En 2023, *Dinophysis* était présent sur ce lieu de mai à octobre avec des abondances maximales en juin et en septembre (Figure 2). En juin, les abondances étaient situées dans l'enveloppe des données enregistrées entre 2007 et 2022 (Figure 2). Cette présence de *Dinophysis* a été à l'origine de la contamination des moules en toxines lipophiles sur les lieux REPHYTOX « Pont Mahé » et « Traict de Pen Bé » au cours du mois de juin (Figure 3). Les abondances en *Dinophysis* ont augmenté à nouveau fin août pour atteindre des valeurs très élevées en septembre (8100 cells/L le 11/09/23). Les abondances relevées en septembre 2023 sont les plus fortes valeurs enregistrées depuis 2007 à cette période. Ces fortes abondances automnales ont engendré un épisode toxique plus long dans les moules du traict de Pen Bé que dans celles de Pont Mahé (Figure 3).



Les niveaux de toxines dans les moules des secteurs de Pont Mahé et Pen Bé étaient élevés en 2023 avec une concentration maximale enregistrée le 12/09 sur les deux secteurs (486 µg/kg à « Pont Mahé » et 706 µg/kg sur le point « traict de Pen Bé »). Ces niveaux de toxines ont déjà été atteints par le passé (Figure 3). En revanche, les moules du traict de Pen Bé ont connu en 2023 le plus grand nombre de résultats supérieurs au seuil réglementaire, et pour la première fois pendant les mois de septembre et octobre (Figure 3). Des contaminations automnales avaient déjà été observées dans le secteur de Pont Mahé en 2017.

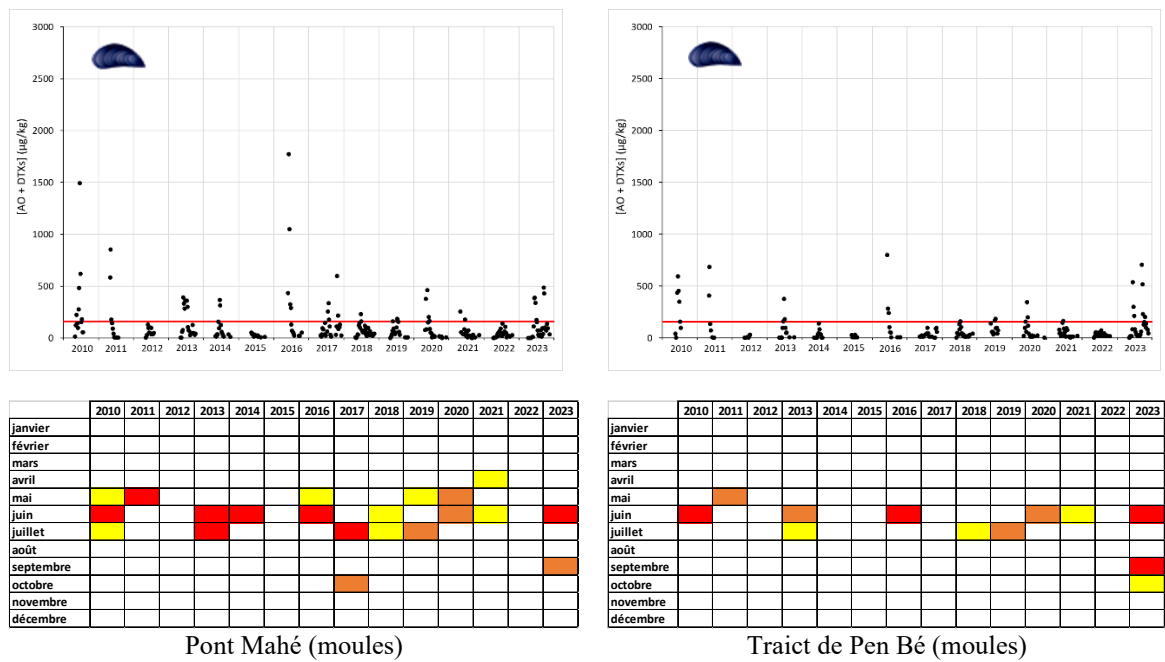


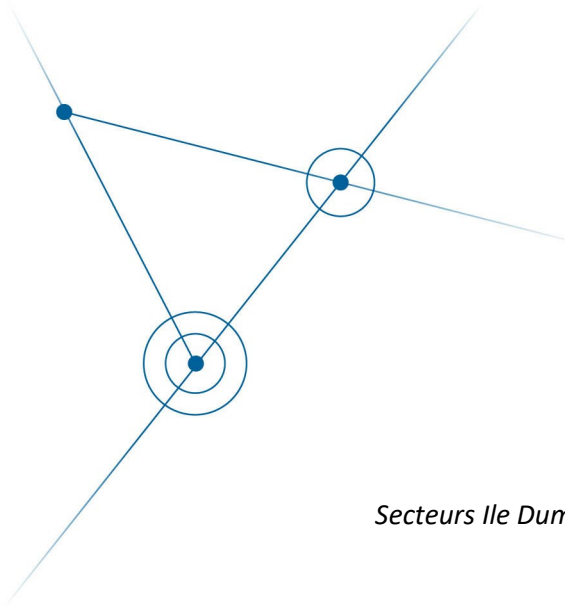
Figure 3. Evolution des concentrations en toxines lipophiles dans les moules en haut (la ligne rouge représente le seuil réglementaire) et du nombre mensuel de résultats supérieurs au seuil réglementaire en bas (jaune : 1 résultat, orange 2 résultats et rouge : ≥ 3 résultats) pour les lieux REPHYTOX « Pont Mahé » et « Traict de Pen Bé » de 2010 à 2023

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

Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 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



Secteurs Ile Dumet et Pointe Castelli

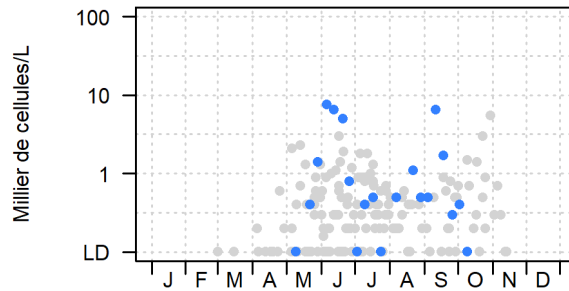
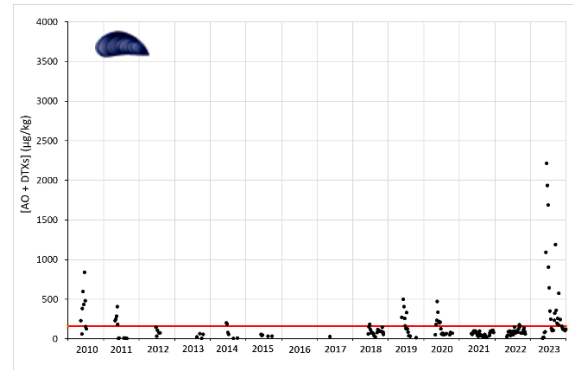
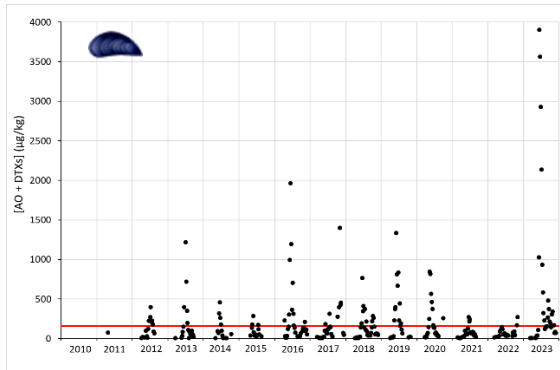


Figure 4. Evolution des abondances en *Dinophysis* sur le lieu REPHY « Ile Dumet (a) » en 2023 (points bleus) en comparaison avec les valeurs des années 2012 à 2022 (points gris)



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
janvier														
février														
mars														
avril														
mai														
juin														
juillet														
août														
septembre														
octobre														
novembre														
décembre														

Ile Dumet (moules)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
janvier														
février														
mars														
avril														
mai														
juin														
juillet														
août														
septembre														
octobre														
novembre														
décembre														

Pointe Castelli (moules)

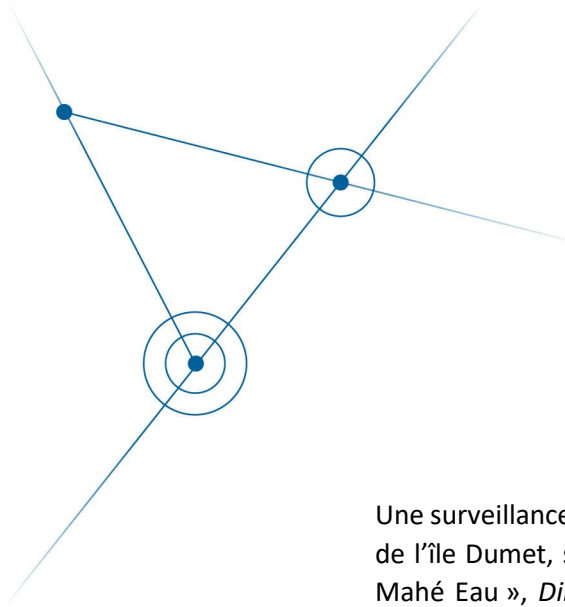
Figure 5. Evolution des concentrations en toxines lipophiles dans les moules en haut (la ligne rouge représente le seuil réglementaire) et du nombre mensuel de résultats supérieurs au seuil réglementaire en bas (jaune : 1 résultat, orange 2 résultats et rouge : ≥ 3 résultats) pour les lieux REPHYTOX « Ile Dumet » et « Pointe Castelli » de 2010 à 2023

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

Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 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



Une surveillance du phytoplancton toxique est réalisée au niveau des filières de moules de l'île Dumet, sur le lieu REPHY « Ile Dumet (a) » (Figure 1). A l'instar du lieu « Pont Mahé Eau », *Dinophysis* était présent de mai à octobre en 2023 (Figure 4) avec des abondances maximales en juin (7600 cells/L) et en septembre (6400 cells/L). Les abondances observées en juin sont les plus fortes enregistrées sur ce site depuis 2012. Elles ont engendré des concentrations en toxines lipophiles très élevées dans les moules des lieux REPHYTOX « Ile Dumet » et « Pointe Castelli » avec des maxima de 3900 µg/kg et 2211 µg/kg respectivement. Ces valeurs sont environ 2 fois supérieures à celles enregistrées depuis 2010 (Figure 5). On notera cependant que ces concentrations restent largement inférieures aux maxima atteints certaines années sur d'autres secteurs géographiques : par exemple 37296 µg/kg dans les moules du bassin d'Arcachon en avril 2012 (Belin et *al.*, 2018). Les abondances de *Dinophysis* sont restées élevées pendant la période estivale et ont augmenté en septembre pour atteindre l'abondance maximale atteinte pendant ce mois depuis 2012 (Figure 4).

Les épisodes toxiques dans les moules ont débuté en juin pour les deux lieux REPHYTOX et se sont terminés en octobre pour « Pointe Castelli » et novembre pour « Ile Dumet ». Ce sont les plus longs épisodes enregistrés depuis 2010 sur ces deux secteurs (Figure 5). Des contaminations en période automnale avaient déjà été observées en 2016, 2017, 2018 pour les moules de filière de l'île Dumet et en 2022 pour les deux secteurs.

Secteur du Traict du Croisic

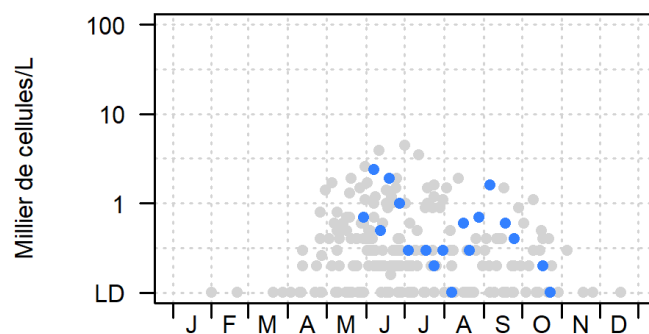


Figure 6. Evolution des abondances en *Dinophysis* sur le lieu REPHY « Le Croisic (a) » en 2023 (points bleus) en comparaison avec les valeurs des années 2007 à 2022 (points gris)

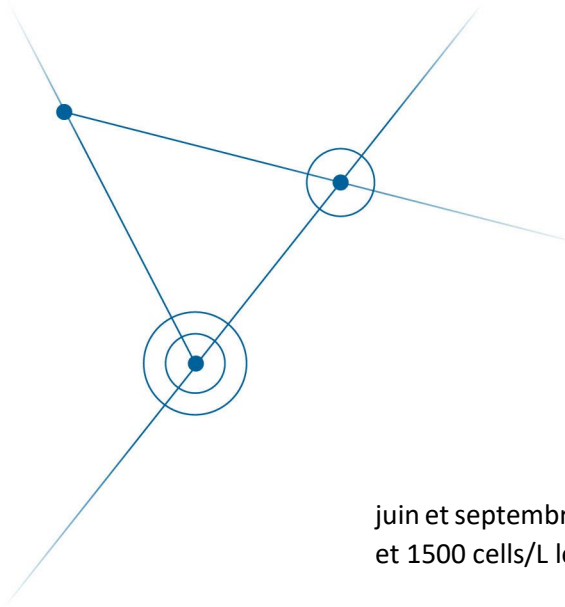
Sur le lieu REPHY « Le Croisic (a) », on observe la même évolution des abondances en *Dinophysis* que sur les lieux « Pont Mahé Eau » et « Ile Dumet (a) » avec deux pics en

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

Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 00

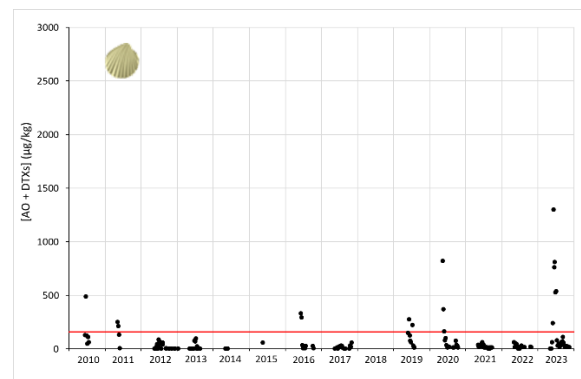
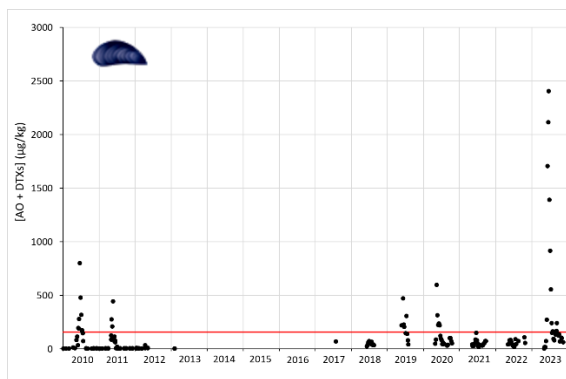
Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr



juin et septembre mais avec des maxima d'abondance moins élevés (2400 cells/L le 7/06 et 1500 cells/L le 6/09) (Figure 6).

Les concentrations en toxines mesurées dans les moules et les coques du « Grand Traict » en 2023 sont les plus fortes enregistrées depuis 2010 sur ce lieu avec des concentrations maximales de 2407 µg/kg le 19/06 dans les moules et 1301 µg/kg le 6/06 dans les coques (Figure 7). Ce sont également les plus longs épisodes toxiques avec pour la première fois, un épisode toxique dans les moules en septembre (Figure 7).



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
janvier														
février														
mars														
avril														
mai														
juin														
juillet														
août														
septembre														
octobre														
novembre														
décembre														

Le Grand Traict (moules)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
janvier														
février														
mars														
avril														
mai														
juin														
juillet														
août														
septembre														
octobre														
novembre														
décembre														

Le Grand Traict (coques)

Figure 7. Evolution des concentrations en toxines lipophiles dans les moules et les coques en haut (la ligne rouge représente le seuil réglementaire) et du nombre mensuel de résultats supérieurs au seuil réglementaire en bas (jaune : 1 résultat, orange 2 résultats et rouge : ≥ 3 résultats, gris : pas de suivi) pour le lieu REPHYTOX « Le Grand traict » de 2010 à 2023

Secteurs estuaire de Loire et Loire large

Sur le lieu REPHY « Basse Michaud » situé au large de Loire, on retrouve des abondances de *Dinophysis* élevées en juin et septembre (Figure 8). L'abondance maximale observée en juin (6700 cells/L) représente la plus forte valeur enregistrée depuis la création de ce lieu en 2016.

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

Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 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

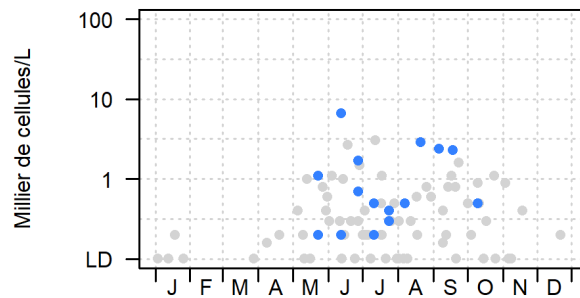
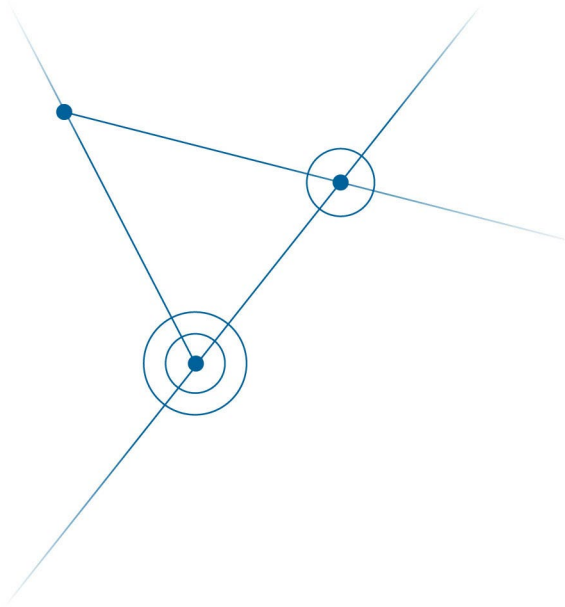
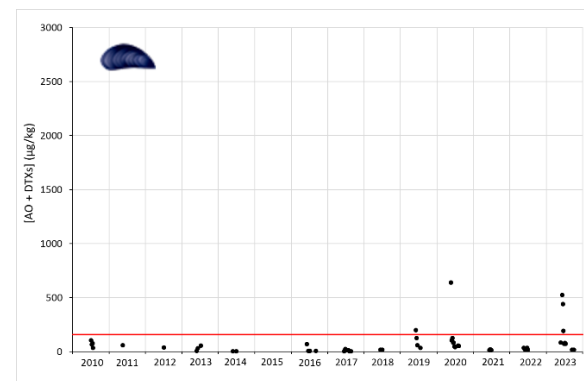
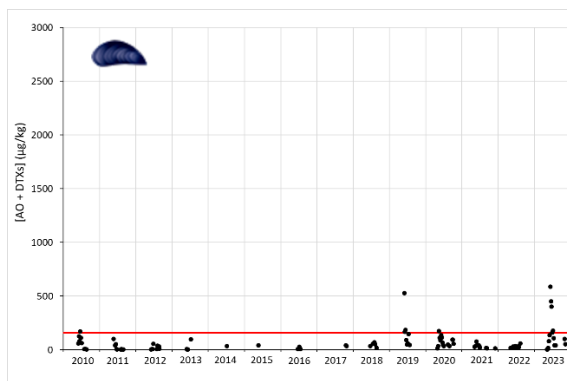


Figure 8. Evolution des abondances en *Dinophysis* sur le lieu REPHY « Basse Michaud » en 2023 (points bleus) en comparaison avec les valeurs des années 2016 à 2022 (points gris)

Les concentrations en toxines lipophiles maximales observées en 2023 dans les moules des lieux « Bonne Source » (587 µg/kg) et « Estuaire (b) » (526 µg/kg), ont déjà été atteintes par le passé en 2019 et 2020 respectivement (Figure 9). Comme les années précédentes, les moules de ces lieux ont été moins touchées par les contaminations en toxines lipophiles que les secteurs Nord Loire en 2023. Cependant, l'épisode toxique de 2023 a été le plus long depuis 2010 (Figure 9).



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
janvier														
février														
mars														
avril														
mai														
juin														
juillet														
août														
septembre														
octobre														
novembre														
décembre														

Bonne Source (moules)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
janvier														
février														
mars														
avril														
mai														
juin														
juillet														
août														
septembre														
octobre														
novembre														
décembre														

Estuaire (b) (moules)

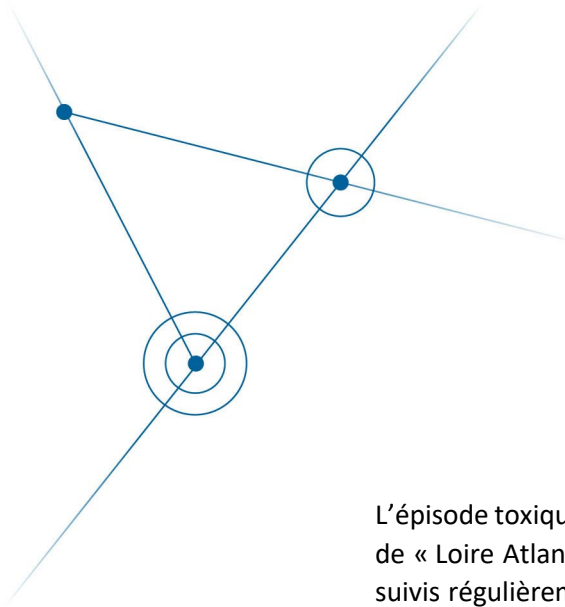
Figure 9. Evolution des concentrations en toxines lipophiles dans les moules et les coques en haut (la ligne rouge représente le seuil réglementaire) et du nombre mensuel de résultats supérieurs au seuil réglementaire en bas (jaune : 1 résultat, orange 2 résultats et rouge : ≥ 3 résultats, gris) pour les lieux REPHYTOX « Bonne source » et « Estuaire (b) » de 2010 à 2023

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

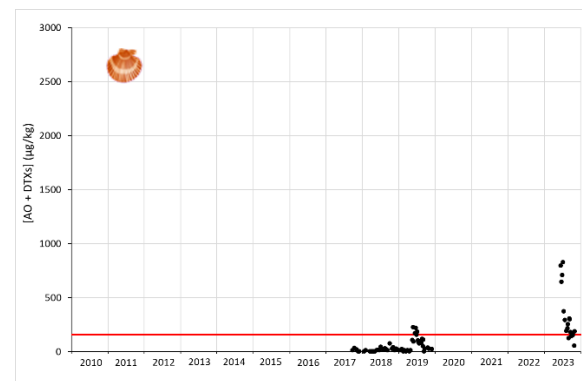
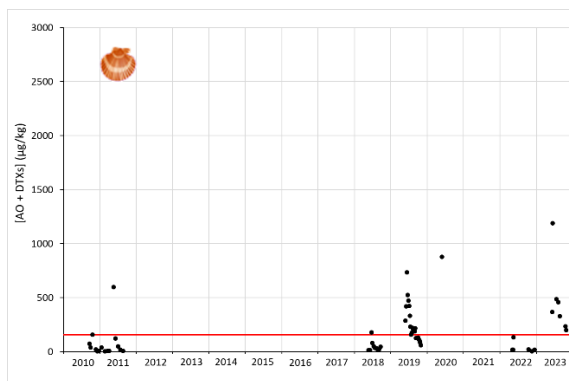
Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 00

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



L'épisode toxique a également touché les gisements de pétoncles blancs. Les gisements de « Loire Atlantique Nord » et « Baie de Bourgneuf » ne sont pas exploités, donc pas suivis régulièrement (Figure 1). Il existe ainsi peu de données pour la période, mais un épisode toxique important avait déjà enregistré en 2019 sur les deux gisements (Figure 10). En 2023, les concentrations en toxines lipophiles étaient élevées sur les deux lieux REPHTOX avec un maximum de 830 µg/kg pour le lieu « Baie de Bourgneuf » et 1190 µg/kg pour « Loire Atlantique Nord ». L'épisode toxique a été très long, il s'est étendu de juin à octobre (Figure 10).



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
janvier														
février														
mars														
avril														
mai														
juin														
juillet														
août														
septembre														
octobre														
novembre														
décembre														

Loire Atlantique Nord (pétoncles blancs)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
janvier														
février														
mars														
avril														
mai														
juin														
juillet														
août														
septembre														
octobre														
novembre														
décembre														

Baie de Bourgneuf (pétoncles blancs)

Figure 10. Evolution des concentrations en toxines lipophiles dans les pétoncles blancs en haut (la ligne rouge représente le seuil réglementaire) et du nombre mensuel de résultats supérieurs au seuil réglementaire en bas (jaune : 1 résultat, orange 2 résultats et rouge : ≥ 3 résultats, gris : pas de suivi) pour les lieux REPHTOX « Loire Atlantique Nord » et « Baie de Bourgneuf » de 2010 à 2023

Secteur Sud Loire

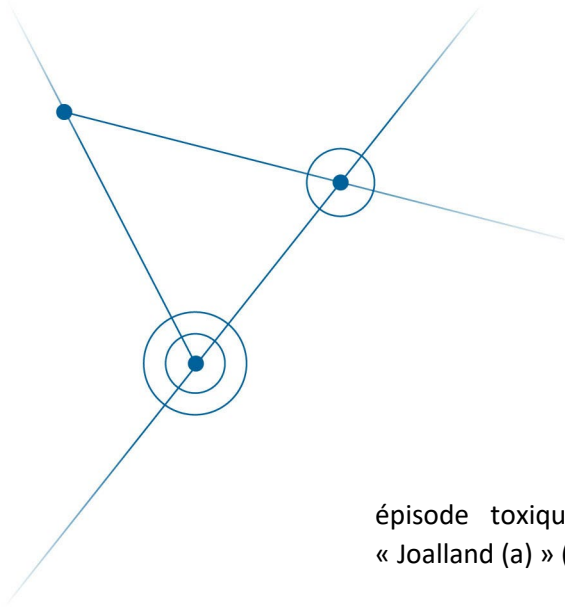
Les abondances de *Dinophysis* ont été moins élevées en 2023 sur le lieu REPHY « Pointe Saint Gildas large » que sur les autres secteurs de Loire Atlantique avec un maximum de 900 cells/L mi-juin (Figure 11). Cette abondance de mi-juin a été à l'origine du premier

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

Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 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



épisode toxique enregistré depuis 2010 dans les moules du lieu REPHYTOX « Joalland (a) » (Figure 11). Cet épisode aura été de courte durée.

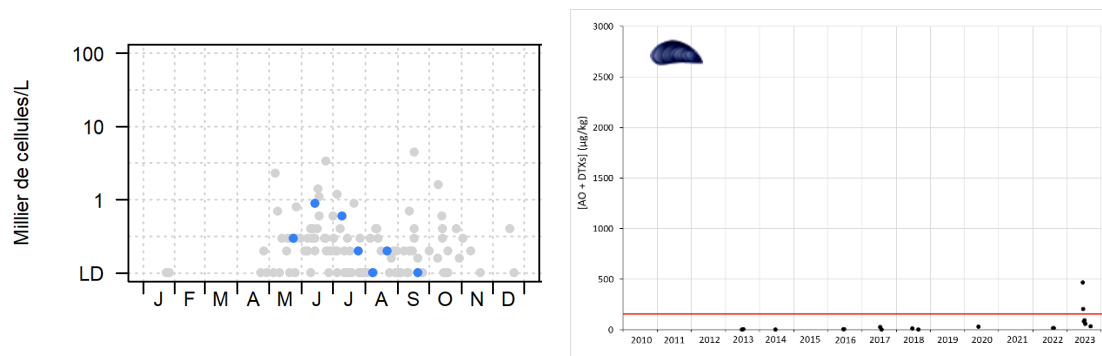
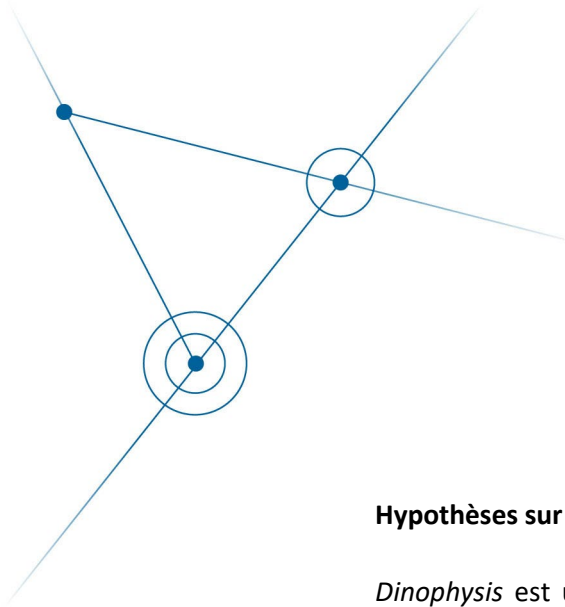


Figure 11. A gauche, évolution des abondances en *Dinophysis* sur le lieu REPHY « Pointe Saint Gildas large » en 2023 (points bleus) en comparaison avec les valeurs des années 2016 à 2022 (points gris) et à droite évolution des concentrations en toxines lipophiles dans les moules du lieu « Joalland (a) » de 2010 à 2023 (la ligne rouge représente le seuil réglementaire)

Conclusion

L'analyse des données REPHY et REPHYTOX montre que 2023 a été une année exceptionnelle en Loire Atlantique au niveau des abondances de *Dinophysis* et des contaminations des coquillages en toxines lipophiles en termes de niveau de toxicité et de durée des épisodes toxiques.

Des abondances très élevées de *Dinophysis* ont été observées en juin et en septembre sur de nombreux secteurs Nord-Loire. Celles-ci ont été à l'origine d'épisodes de toxicité des coquillages qui ont débuté en juin et qui se sont prolongés jusqu'en novembre pour les filières de moules de l'île Dumet. Des contaminations en toxines lipophiles associées à des abondances élevées de *Dinophysis* ont déjà été observées dans le secteur de la baie de Vilaine en automne sur la période 2016 à 2018 et en 2022, mais certains secteurs de Loire-Atlantique ont été touchés pour la première fois par des contaminations de coquillages sur les mois de septembre à novembre en 2023.



Hypothèses sur les causes de cette efflorescence exceptionnelle

Dinophysis est un dinoflagellé mixotrophe² obligatoire, qui a notamment besoin de lumière, de nutriments et de proies pour se développer. La proie *Mesodinium rubrum* est utilisée par *Dinophysis* comme une source de chloroplastes pour se développer. *Mesodinium rubrum* est lui-même un prédateur qui se fournit en chloroplastes sur d'autres microalgues de la famille des cryptophycées. Le projet de recherche Dinophag avait montré que cette chaîne trophique était présente dans les eaux des Pays de la Loire (Souchu et al., 2012).

En 2023, les abondances de *Dinophysis* ont été les plus élevées pendant les mois de juin et septembre. Ces deux mois ont été marqués par des durées moyennes d'insolation plus élevées que la médiane interannuelle. La durée d'insolation cumulée mesurée à la station de « Nantes-Bouguenais » en juin 2023 représente la plus forte valeur enregistrée depuis 1987 au cours de ce mois (Figure 12).

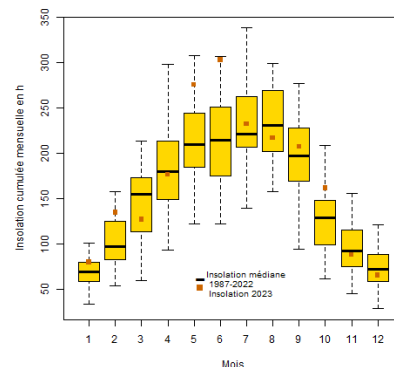
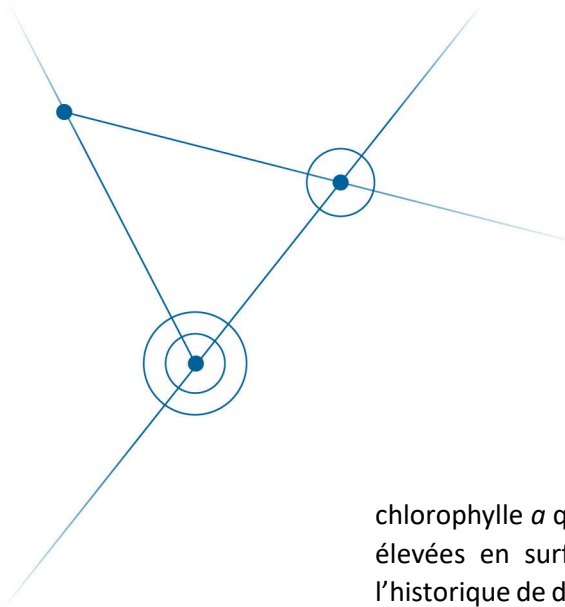


Figure 12 : Durées d'insolation cumulées mensuelles (en heures) relevées à Nantes-Bouguenais (source : Météo France). Les données de l'année 2023 sont représentées par un carré orange. Le trait noir représente la médiane des insolutions mensuelles relevées au cours de la période 1987-2022 pour chaque mois de l'année. La boîte jaune représente 80% des valeurs et les écarts types représentent les valeurs extrêmes.

En lien avec le fort ensoleillement, les températures de l'eau en surface enregistrées sur les stations REPHY le long du littoral de Loire Atlantique ont été plus élevées que les valeurs habituellement mesurées en juin, septembre et octobre (Figure 13). La température maximale a été atteinte le 11/09 à la station « Ouest Loscolo » (21,5°C), le 27/06 à « Basse Michaud » (19,7°C) et le 9/10 à « Pointe St Gildas large » (19,9°C). Malgré ces conditions favorables au développement du phytoplancton, les teneurs en

² Mixotrophe : organisme capable de se nourrir par autotrophie (via la photosynthèse) ou par hétérotrophie (aux dépens de constituants organiques préexistants).



chlorophylle *a* qui représente la biomasse phytoplanctonique totale, n'étaient pas très élevées en surface sur la période de juin à septembre 2023 comparativement à l'historique de données (Figure 13). Les blooms de phytoplancton ont été probablement limités pendant la période estivale par les nutriments inorganiques dissous issus des apports fluviaux. En effet, les deux fleuves Loire et Vilaine constituent la principale source de nutriments pour les eaux de Loire-Atlantique et les débits moyens mensuels de ces deux fleuves notamment ceux de la Loire, ont été proches du percentile 10 de mai à septembre, c'est-à-dire parmi les débits moyens mensuels les plus faibles enregistrés depuis 1960 pour la Loire et depuis 1970 pour la Vilaine.

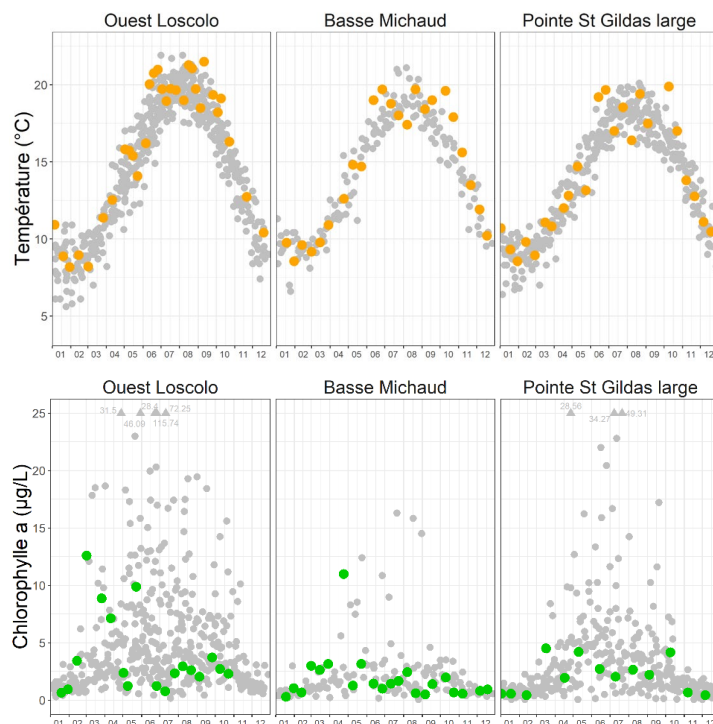


Figure 13 : Evolution de la température (points jaunes) et de la chlorophylle *a* (points verts) en surface sur les stations REPHY « Ouest Loscolo », « Basse Michaud » et « Pointe Saint Gildas large » en 2023 en comparaison à l'historique de données (point gris) correspondant à la période 2016-2022 pour « Basse Michaud » et 2007-2022 pour « Ouest Loscolo » et « Pointe Saint Gildas large ». La localisation des stations est présentée en figure 1.

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

Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 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

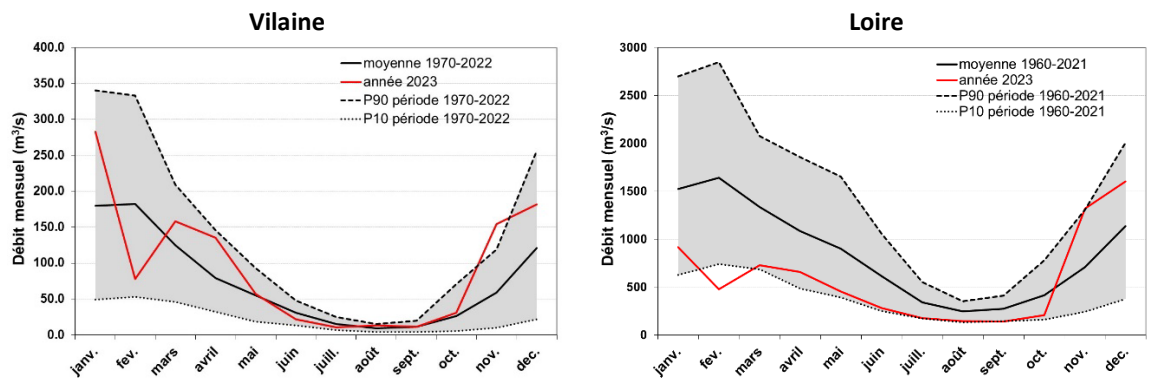


Figure 14. Evolution des débits mensuels de la Vilaine (à gauche) et de la Loire (à droite) en 2023 comparée à l'évolution de la moyenne, du percentile 10 (P10, 10 % des valeurs de la période considérée se situent en dessous du P10) et du percentile 90 (P90, 10 % des valeurs de la période considérée se situent au-dessus du P90) pour la période de 1970 à 2022 pour la Vilaine et de 1960 à 2022 pour la Loire.

Pendant la période estivale, il existe des sources benthiques de nutriments dans le secteur Loire-Vilaine avec notamment le recyclage interne des phosphates à l'interface eau-sédiment et la libération d'ammonium par reminéralisation de la matière organique issue de blooms phytoplanctoniques qui ont sédimenté (Ratmaya *et al.*, 2019 et 2022). Lorsque la masse d'eau est stratifiée, ces nutriments ne diffusent pas en surface et sont accessibles uniquement pour les espèces capables d'être mobiles dans la colonne d'eau comme les dinoflagellés. En baie de Vilaine, une bouée instrumentée (MOLIT) faisant partie du réseau d'observation COAST-HF, permet de mesurer en continu plusieurs paramètres physico-chimiques au fond et en surface avec une fréquence horaire (Retho *et al.*, 2024). Les observations de température montrent une stratification thermique pendant les deux périodes de fortes abondances en *Dinophysis* (juin et septembre) avec une différence de température entre le fond et la surface qui a atteint plus de 6°C en juin (Figure 14). Cette stratification certainement liée à des périodes de vents faibles, a limité le mélange des masses d'eaux et a dû favoriser le développement des dinoflagellés capables de se déplacer pour accéder aux nutriments régénérés (ammonium, phosphates) présents sous la thermocline. Parmi ces dinoflagellés, *Dinophysis acuminata*, espèce majoritairement présente en 2023, utilise préférentiellement l'ammonium et l'urée comme source d'azote pour se développer (García-Portela *et al.*, 2020). La mixotrophie peut également conférer à *Dinophysis* un avantage compétitif par rapport à des espèces autotrophes. En effet, ce mode de nutrition pourrait être un avantage dans les milieux pauvres en nutriments en tant que mécanisme permettant de compléter les apports en nutriments (Stibor and Sommer, 2003).

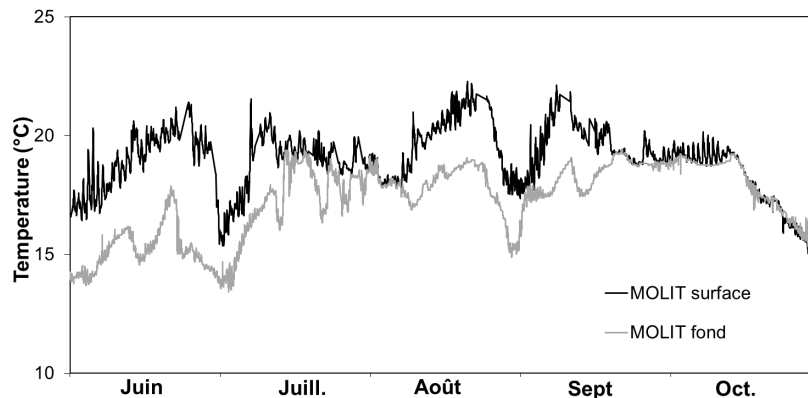
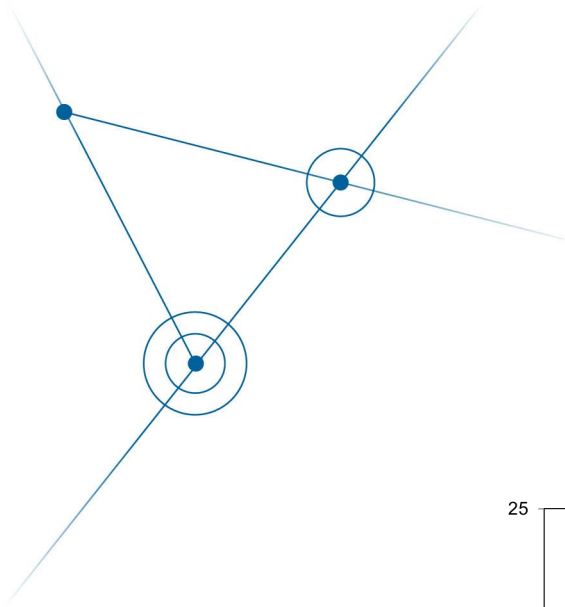


Figure 15. Evolution de la température de surface (en noir) et de fond (en gris) mesurée à la station de mesure MOLIT en baie de Vilaine de juin à octobre 2023.

Le développement de *Dinophysis* a donc peut-être été favorisé par des conditions hydro-climatiques particulières en 2023 :

- un ensoleillement important et une température de l'eau élevée en juin et septembre,
- des apports de nutriments par les fleuves assez faibles qui ont limité le développement de certaines espèces phytoplanctoniques comme les diatomées,
- des conditions de vent qui ont engendré une stratification thermique des eaux empêchant la diffusion en surface des nutriments régénérés au fond et favorisant les dinoflagellés comme *Dinophysis* capable de se déplacer dans la colonne d'eau pour accéder aux nutriments du fond.

Une étude plus approfondie serait à mener pour vérifier et compléter ces hypothèses, avec une analyse plus fine des paramètres hydro-climatiques par exemple.

Evolution de ces phénomènes dans un contexte de changements climatiques

Le littoral ligérien est régulièrement impacté par des proliférations de *Dinophysis* engendrant des contaminations de coquillages en toxines lipophiles. Ces épisodes sont déterminés par des conditions environnementales (lumière, température, apport de nutriments, stratification) qui sont amenées à être modifiées par les changements climatiques actuels et à venir.

Des projets sont en cours de construction pour étudier l'impact de ces changements climatiques sur la phénologie des efflorescences de microalgues toxiques et nuisibles. Ils devraient apporter des éléments sur la trajectoire de *Dinophysis* dans ce contexte et l'impact sur la ressource conchylicole.

Bibliographie citée

Belin C., Soudant D. (2018). Trente années d'observation des microalgues et des toxines d'algues sur le littoral. Editions QUAÉ. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00478/58981/>

García-Portela M., Reguera B., Gago J., Le Gac M., Rodríguez F. (2020). Uptake of Inorganic and Organic Nitrogen Sources by *Dinophysis acuminata* and *D. acuta*. *Microorganisms*, 8(2), 187 (14p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020187>

Ratmaya W., Soudant D., Salmon-Monviola J., Plus M., Cochennec-Laureau N., Goubert E., Andrieux-Loyer F., Barillé L., Souchu P.. Reduced phosphorus loads from the Loire and Vilaine rivers were accompanied by increasing eutrophication in the Vilaine Bay (south Brittany, France). *Biogeosciences*, 16 (2019), pp. 1361-1380

Ratmaya W., Laverman A.M., Rabouille C., Akbarzadeh Z., Andrieux-Loyer F., Barillé L., Barillé A.-L., Le Merrer Y., Souchu P.. Temporal and spatial variations in benthic nitrogen cycling in a temperate macro-tidal coastal ecosystem: observation and modeling *Cont. Shelf Res.*, 235 (2022), Article 104649

Retho M., Le Gall C., Repecaud M., Souchu P., Malo F., Manach S. (2024). COAST-HF - data and metadata from the MOLIT buoy in the Vilaine Bay. *SEANOE*. <https://doi.org/10.17882/46529>

Souchu P., Le Magueresse A., Lassus P., Sechet V., Oger-Jeanneret H. (2012). *DINOPHAG*. Janvier 2011 - Juin 2012. Programme de recherche sur *Dinophysis* dans les eaux littorales des Pays de la Loire. Rapport final.

Stibor H., Sommer U. (2003). Mixotrophy of a Photosynthetic Flagellate viewed from an Optimal Foraging Perspective, *Protist*, Volume 154, Issue 1, Pages 91-98, ISSN 1434-4610, <https://doi.org/10.1078/143446103764928512>.

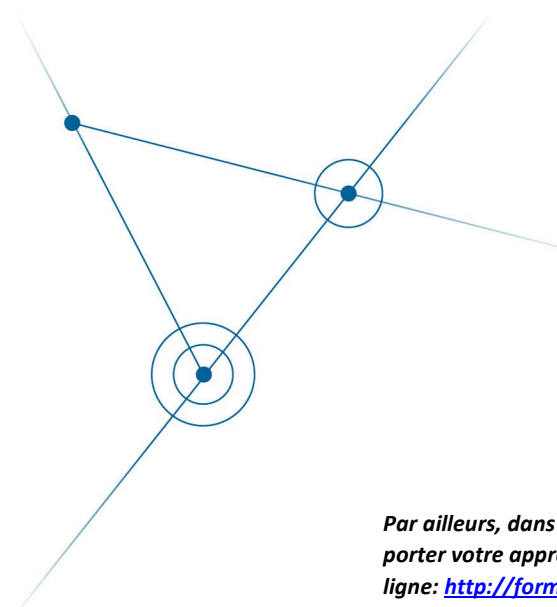
Cette expertise a été réalisée conformément au processus interne à l'Ifremer (« produire des expertises et avis ») certifié ISO-9001, et selon la charte de l'expertise et de l'avis de l'Ifremer. Les experts ayant réalisé l'expertise ont confirmé l'absence de liens d'intérêt avec le demandeur et le sujet de la demande. La V6.3.1. de l'instruction I9-02 (Guide) intègre cette modification.

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

Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 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



Par ailleurs, dans le cadre de la certification ISO9001 de l'Ifremer, nous vous demandons de bien vouloir porter votre appréciation sur ce document en renseignant la fiche d'évaluation à partir du formulaire en ligne: <http://forms.ifremer.fr/qualite-ifremer/expertise-et-avis/?ref=23089>

Pour le Président-Directeur Général et par délégation,
Directeur du centre Atlantique Ifremer

Copies : Direction Générale, Direction du Centre Atlantique, Unité Littoral, coordination REPHY, LER/MPL

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

Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
B.P. 21105
44311 Nantes Cedex 3 - France
+33 (0)2 40 37 40 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