



Algues vertes en Rance maritime : Synthèse de l'état des connaissances

Version septembre 2024

EPTB Rance Frémur baie de Beaussais
1 rue de La Genetais, 22100 TADEN
02 96 85 02 49
Septembre 2024

Photographies et figures (sauf mention contraire) : EPTB Rance Frémur baie de Beaussais

Sommaire

1.	Objet	6
2.	Le phénomène et son évolution	6
3.	Les impacts	11
3.1.	Les impacts écologiques connus et potentiels.....	11
3.2.	Les impacts sur les activités humaines.....	14
4.	Les flux de nutriments et autres facteurs régissant les proliférations.....	18
4.1.	Les flux sédimentaires	18
4.2.	Les flux terrigènes	18
5.3.	Les facteurs aggravants	23
5.	Feuille de route de la CLE.....	25
	Bibliographie	28
	Annexe 1.....	30

Liste des figures et tables

Figure 1 : Sites de proliférations des algues vertes dans le bassin maritime de la Rance	7
Figure 2 : Illustration des proliférations d'ulves en juin 2024. Photos réalisées par le CEVA lors d'un contrôle de terrain dans le cadre de sa mission de surveillance. A : Les Gastines à Saint-Jouan-des-Guérets, B : La Ville Ger à Pleudihen-sur-Rance, C : Le Camp Viking à La Ville-ès-Nonais, D : Pointe de Trégondé au Minihic-sur-Rance.....	8
Figure 3 : Surfaces maximales annuelles de proliférations à l'échelle de la masse d'eau bassin maritime de la Rance (source : CEVA).....	9
Figure 4 : Surfaces maximales annuelles de proliférations à l'échelle de chaque vasière (source : CEVA) ...	10
Figure 5 : Herbier de <i>Zostera nolteii</i> partiellement recouvert par des ulves filamenteuses. Vasière de Saint-Jouan près de l'île Harteau, juin 2024	12
Figure 6 : Impact des algues vertes sur les nourriceries de poissons en Rance maritime	13
Figure 7 : Zones de putréfaction d'algues vertes sur la côte d'Emeraude (source CEVA, étude IZAR, mise à jour avec des données récentes).....	14
Figure 8 : Dépôt d'algues vertes potentiellement en putréfaction avec émanation d'hydrogène sulfuré. Vasière de Saint-Jouan, juin 2024.....	15
Figure 9 : Panneaux proposés par l'Etat aux communes en 2021 pour informer sur les zones de putréfaction. Les communes avaient la possibilité d'y apposer leur logo.....	16
Figure 10 : Extrait du SDAGE Loire-Bretagne concernant les algues vertes sur vasières	19
Figure 11 : Estimation des flux saisonniers moyens d'azote en Rance maritime en 2020	21
Figure 12 : Evolution des flux mensuels moyens d'azote sur la saison de prolifération 2020. STEU : station de traitement des eaux usées	22
Figure 13 : Flux spécifiques d'azote nitrique (N-NO ₃) pondérés par l'hydraulique sur la Rance à Saint-André-des-Eaux	23
Figure 14 : Températures moyennes mensuelles de l'eau en divers points de l'estuaire de la Rance et du golfe de Saint-Malo entre mai et août 2023 dans le cadre des suivis environnementaux liés à l'opération du dragage du Chêne Vert menés par l'EPTB Rance Frémur. Données acquises via des mesures automatiques à 1 m sous la surface de l'eau, fréquence 10 minutes.....	24
Tableau 1 : Ramassages d'algues vertes par les communes riveraines de la ria selon un sondage réalisé en 2022 et le projet GreenSeas	17

Liste des abréviations

CEVA : Centré d'étude et de valorisation des algues

CLE : Commission locale de l'eau

IZAR : Identification des Zones de dépôt d'Algues vertes à Risque en Bretagne

PLAV : Plan de lutte contre les algues vertes

SAGE : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux.

SDAGE : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux

UMR : usine marémotrice de la Rance

Collaboration

L'EPTB Rance Frémur remercie le CEVA et le CRESEB pour leur appui scientifique.

1. Objet

L'objectif de ce rapport est de produire un état des connaissances synthétique sur les proliférations d'algues vertes dans le bassin maritime de la Rance. Il est mis à jour régulièrement en fonction de l'avancée des connaissances. Dernière mise à jour : septembre 2024.

Les éléments de connaissance présentés ci-dessous sont donc susceptibles d'évoluer en fonction de l'avancement des études menées.

2. Le phénomène et son évolution

La masse d'eau « bassin maritime de la Rance » est classée selon l'état des lieux 2019 du SDAGE Loire-Bretagne en état écologique médiocre. Les paramètres déclassants sont les poissons (état médiocre) et les macro-algues opportunistes (état moyen). Cet état écologique moyen pour les macro-algues opportunistes est lié à des proliférations d'algues vertes sur vasières, manifestation d'une eutrophisation de la masse d'eau (dysfonctionnement lié à un enrichissement du milieu en nutriments azotés et phosphorés). Il est à noter que les blooms ponctuels du phytoplancton toxique *Alexandrium* constituent une autre forme de manifestation de l'eutrophisation en Rance maritime.

La surveillance du phénomène est assurée par le CEVA (Centre d'étude et de valorisation des algues) qui survole mensuellement depuis 2002 la côte bretonne, incluant la ria de la Rance. Sept sites de proliférations d'algues vertes sur vasières sont ainsi connus. Ils sont recensés dans le SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027, à Saint-Malo (Troctin et Quelmer), Saint-Jouan-des-Guérets (bras de Châteauneuf), la Ville-ès-Nonais, Pleudihen-sur-Rance (La Ville Ger), le Minihic-sur-Rance et La Richardais (Figure 1). Ces proliférations sur vasières concernent des ulves généralement de type filamenteuses. Ces ulves filamenteuses sont peu mobiles car partiellement enfouies dans le sédiment, elles forment en de nombreux endroits de véritables tapis couvrant les vasières (Figure 2). Si comme sur les autres sites touchés en Bretagne, les proliférations ont lieu principalement entre avril et octobre, certains hivers sont marqués par une persistance significative des proliférations.

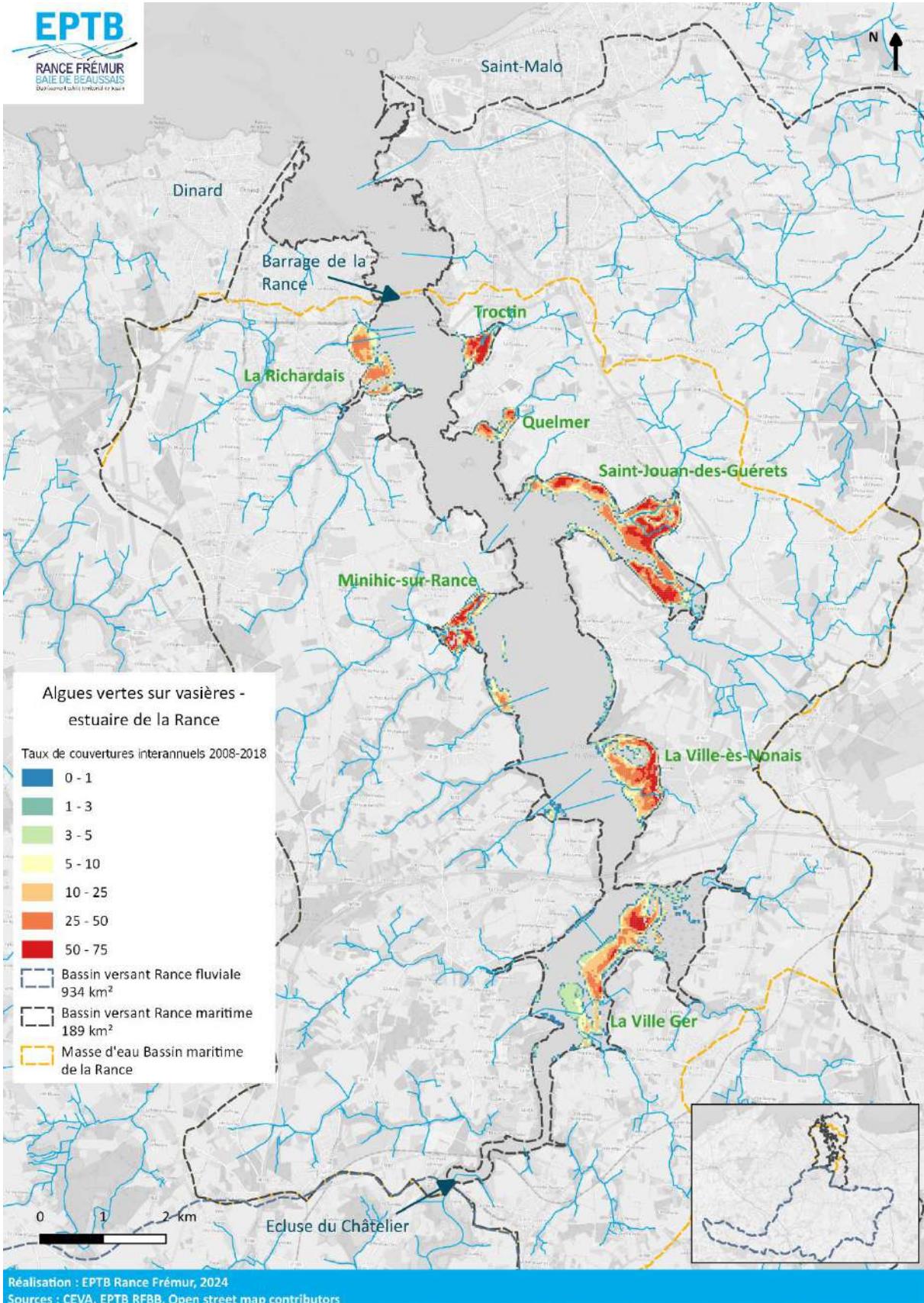


Figure 1 : Sites de proliférations des algues vertes dans le bassin maritime de la Rance



Figure 2 : Illustration des proliférations d'ulves en juin 2024. Photos réalisées par le CEVA lors d'un contrôle de terrain dans le cadre de sa mission de surveillance. A : Les Gastines à Saint-Jouan-des-Guérets, B : La Ville Ger à Pleudihen-sur-Rance, C : Le Camp Viking à La Ville-ès-Nonais, D : Pointe de Trégondé au Minihic-sur-Rance.

Historiquement, dans les années 1970, le phénomène n'est pas mentionné dans le diagnostic environnemental de la Rance fluviale et maritime produit en 1974 par l'étudiant L. Bregeon. Dans les années 1980-1990, deux témoignages d'élus recueillis (dont celui de J.-M. Cornée, Maire de la Ville-ès-Nonais) tendent à montrer que le phénomène était marginal. Les enquêtes menées dans le cadre du projet de recherche GreenSeas apportent des informations historiques intéressantes sur ces décennies 1980 et 1990. La Ville de Saint-Malo signale ainsi en 1983 une « invasion d'algues vertes », sans précision sur la localisation des dépôts, en Rance ou sur les plages. Les premiers ramassages d'algues vertes dans l'estuaire sont d'après GreenSeas signalés en 1993 à la Ville-ès-Nonais (10 m^3), en 1996 à Pleudihen-sur-Rance (10 m^3), en 1995 à Saint-Jouan-des-Guérets et en 2001 au Minihic-sur-Rance (6 m^3). Les signalements de ramassage les plus importants sont notés dans la décennie 2000-2010, avec des volumes ramassés annuellement pouvant atteindre les 80 m^3 à La Ville-ès-Nonais et 50 m^3 à Pleudihen-sur-Rance.

La caractérisation annuelle des surfaces, effectuée par le CEVA, permet de rendre compte de l'importance spatiale du phénomène et de son évolution. L'indicateur annuel utilisé est la surface d'algues vertes pour l'inventaire présentant les proliférations maximales. La présence d'algues vertes est attestée en Rance maritime dès la première année de survol en 2002. Entre 2002 et 2007, seuls les tapis d'ulves en lames étaient comptabilisés. Les surfaces d'ulves en lames augmentent sur cette période, passant de moins de 10 ha en 2002-2003 à plus de 35 ha en 2006 et près de 100 ha en 2007. A partir de 2008, suite à un changement de méthode d'évaluation dans le cadre de la Directive cadre sur l'eau, les tapis d'algues filamenteuses sont comptabilisés en plus des ulves en lames ; entraînant mathématiquement une augmentation des surfaces des proliférations.

Selon les données du CEVA, à l'échelle de la masse d'eau, la surface moyenne sur la période 2008-2023 était de 120 ha. Une hausse significative est constatée ces dernières années, notamment entre 2020 et 2022 (Figure 3). Cette hausse entraîne une dégradation de la qualité de l'indicateur de qualité écologique de la masse d'eau pour les algues vertes (EQR : ratio de qualité écologique) mais il reste cependant dans la classe de qualité moyenne. En 2023, la prolifération est en baisse par rapport aux deux années précédentes. En bureau de CLE du 11/07/2024, le CEVA formulait l'hypothèse que les proliférations de 2021 et 2022 étaient le reflet de la prolifération de 2020. En 2023, le printemps ayant été moins ensoleillé, la prolifération a peut-être été moins intense, d'autant que l'été sec de 2022 n'avait pas permis de maintenir les stocks d'ulves. Dans les baies confinées comme l'estuaire, il est en effet admis que la prolifération d'une année N a une répercussion sur l'année N+1 par un phénomène de reconduction pluriannuelle, qui sera décrit plus bas.

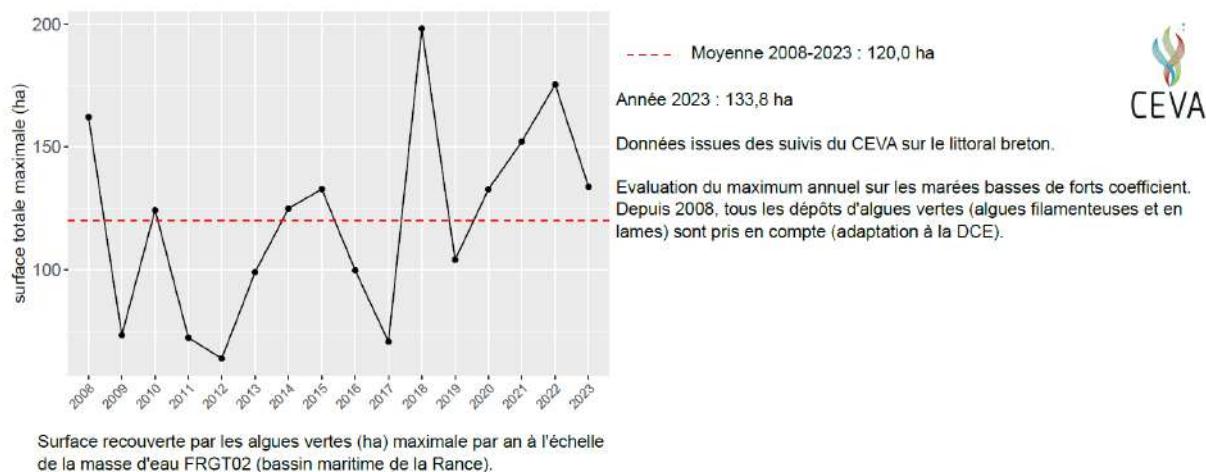
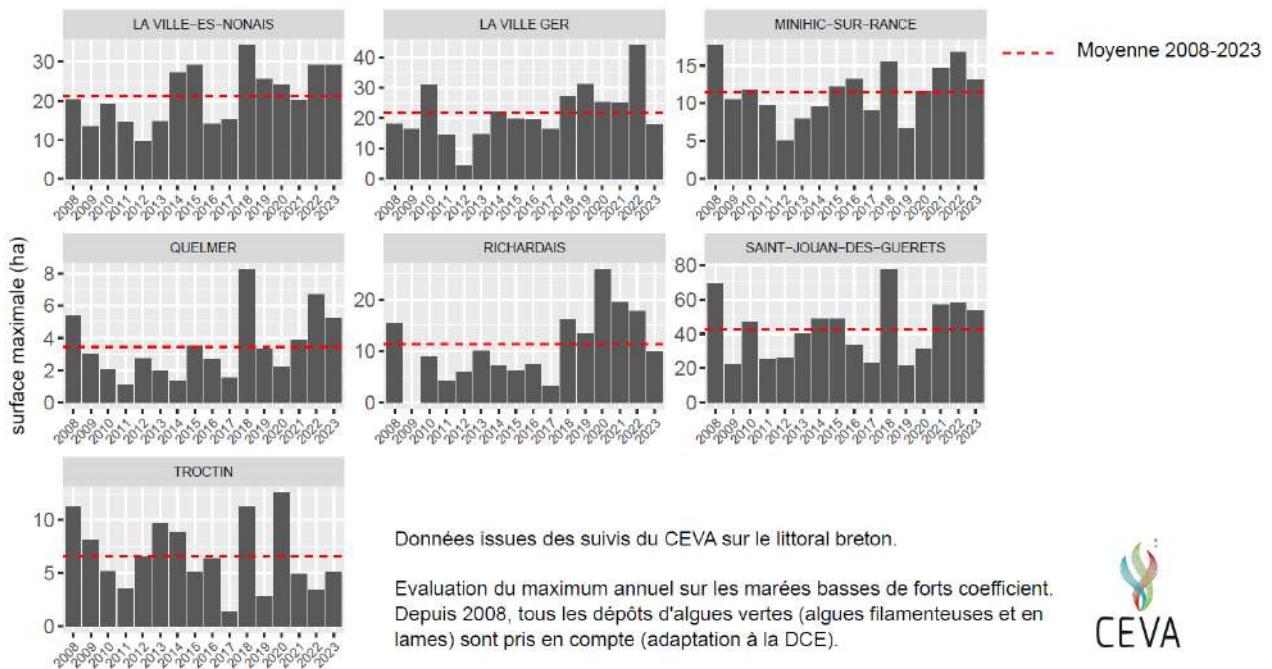


Figure 3 : Surfaces maximales annuelles de proliférations à l'échelle de la masse d'eau bassin maritime de la Rance (source : CEVA).

A l'échelle de chaque vasière, il est constaté une évolution temporelle des surfaces de proliférations variable en fonction des sites ; chaque vasière présentant un schéma d'évolution singulier (Figure 4). Cette hétérogénéité pourrait s'expliquer par la variabilité des conditions environnementales entre les vasières. Si certaines conditions sont probablement assez communes à chaque vasière (ensoleillement, température de l'eau), d'autres varient en fonction des années (houle et dispersion, flux locaux d'azote).). A noter que les couvertures au Minihic suivent la même tendance qu'au niveau de l'estuaire.



Données issues des suivis du CEVA sur le littoral breton.

Evaluation du maximum annuel sur les marées basses de forts coefficient.
Depuis 2008, tous les dépôts d'algues vertes (algues filamentueuses et en lames) sont pris en compte (adaptation à la DCE).



Surface recouverte par les algues vertes (ha) maximale par an à l'échelle des sites "vasières" du bassin maritime de la Rance.

Figure 4 : Surfaces maximales annuelles de proliférations à l'échelle de chaque vasière (source : CEVA)

La hausse du phénomène algues vertes sur vasières n'est pas une spécificité de la Rance maritime : une tendance à la hausse est également constatée sur d'autres vasières bretonnes, par exemple dans le golfe du Morbihan et en ria d'Etel.

A l'heure actuelle, il n'existe pas d'explication claire à cette hausse. Elle s'avère paradoxale dans un contexte de diminution globale des flux d'azote sur le bassin versant (voir plus bas). Les facteurs régissant l'évolution du phénomène algues vertes sont divers : conditions météorologiques (température, ensoleillement, pluviosité), flux terrigènes d'azote et reconduction hivernale pluriannuelle. L'hypothèse de la reconduction pluriannuelle est actuellement étudiée dans le Morbihan (programme CIMAV P3 financé par la Région Bretagne, CD56, CD22). Les fragments d'ulves restant « en dormance » dans le sédiment pourraient jouer un rôle clef. En parallèle, un effet climatique est possible avec une température de l'eau plus élevée en fin d'hiver-début de printemps qui pourrait engendrer une précocité des proliférations.

A retenir : Les proliférations d'algues vertes en Rance sont surveillées depuis une vingtaine d'années par survol aérien mensuel (en période de prolifération) par le CEVA. Sept vasières sont concernées, pour une surface totale moyenne de 120 ha. Depuis 2018, il est constaté une hausse significative des surfaces de proliférations, sans explication claire (effet probable d'une reconduction pluriannuelle).

3. Les impacts

Les proliférations d'algues vertes peuvent générer des effets négatifs sur les plans écologique, sanitaire et économique. Avec la hausse en cours des proliférations, il est à craindre que les impacts s'avèrent à l'avenir plus significatifs qu'ils ne le sont actuellement.

3.1. Les impacts écologiques connus et potentiels

Sur le plan écologique, outre le déclassement de la masse d'eau en qualité moyenne évoqué plus haut, des impacts sur certains habitats et espèces sont démontrés ou possibles :

Un impact significatif a été mis en évidence sur les nourriceries de poissons de la ria de la Rance dans le cadre d'une thèse visant à évaluer « *l'impact des marées vertes sur les habitats essentiels au renouvellement des ressources halieutiques des secteurs estuariens et côtiers* » (E. Le Luherne, 2016), comme détaillé en Figure 6. L'impact des proliférations d'algues vertes sur les nourriceries de poissons en vasières estuariennes a également été montré à une plus large échelle dans une publication scientifique de Paumier et al., 2018 : « *Les marées vertes, qui affectent considérablement la qualité de l'habitat des poissons, modifient la composition des communautés de poissons et peuvent entraver le recrutement futur d'espèces de poissons marins qui dépendent des estuaires pendant leur phase juvénile.* »

Lorsqu'une espèce est opportuniste et prolifère, il y a un déséquilibre qui s'installe dans l'écosystème et la biodiversité locale peut être menacée. Dans le cas des marées vertes, les algues du genre *Ulva* entrent en compétition avec d'autres espèces végétales pour leur ressource nutritive/lumière (e.g. Green-Gavrielidis et al. 2018) et représentent une menace pour de nombreuses autres espèces (faune et flore) benthiques et sédimentaires à travers une modification de l'habitat (e.g. Olyarnik et Stachowicz 2012). Lorsque les dépôts d'algues vertes entrent en décomposition, l'anoxie du sédiment (absence d'oxygène) générée, à laquelle s'ajoute la production de H₂S, occasionnent une modification potentielle de l'assemblage des communautés de macro invertébrés benthiques (Cummins, Roberts et Zimmerman 2004; Quillien et al. 2015). L'étude menée par Quillien et al. (2015) dans les baies sableuses en Bretagne montrait une perte d'abondance relative chez les crustacés et bivalves liée aux proliférations d'algues vertes.

Des craintes ont été émises par la station IFREMER de Dinard concernant les herbiers de zostères, habitats d'intérêt écologique très forts. L'absence d'étude ne permet pas de caractériser le phénomène, mais il est possible qu'en certains lieux, les algues vertes supplacent les herbiers. Cela pourrait être le cas sur la vasière de La Richardais : le site, sur lequel est établi un important herbier de zostères naines, connaît une forte hausse des proliférations d'*ulves* ces dernières années. Sur la vasière de Saint-Jouan existent, entre le Vallion et l'île Harteau, de petites zones de développement de la zostère naine (*Zostera nolteii*) en haut d'estran qui étaient au printemps 2024 partiellement recouvertes d'*ulves* sur quelques mètres-carrés (Figure 5).



Figure 5 : Herbier de *Zostera nolteii* partiellement recouvert par des ulves filamenteuses. Vasière de Saint-Jouan près de l'île Harteau, juin 2024

En Rance maritime, aucune étude spécifique sur l'effet des marées vertes sur le benthos n'a été réalisée. Une thèse en cours de finalisation au sein de la station Ifremer de Dinard sur la structure, le fonctionnement et l'organisation du réseau trophique des communautés benthiques du bassin maritime de la Rance apporte toutefois de premiers éléments. L'auteur, T. Brébant, met en évidence la présence d'un assemblage d'espèces singulier sur les zones présentant de fortes biomasses d'algues vertes. Cet assemblage s'avère très riche et diversifié, ce qui laisse penser que les milieux concernés par ces proliférations algales ne subissent actuellement pas d'effets négatifs significatifs liés aux ulves. Toutefois, en cas d'épaisseurs trop importantes d'ulves, il est à craindre localement un phénomène d'anoxie (absence d'oxygène) pouvant entraîner une réduction drastique de la faune benthique ; des cas ont déjà été notés en Rance maritime par la station Ifremer de Dinard.

D'autres habitats de la ria pourraient être dégradés par les proliférations d'ulves, comme par exemple les prés-salés. Ces dégradations ne sont pas quantifiées en l'absence d'études spécifiques.

Les proliférations peuvent aussi avoir un effet sur la morphologie de la ria en modifiant la mobilité des sédiments. Le conseil scientifique du plan de gestion expérimental des sédiments de la Rance rappelle ainsi, sur la base d'une revue bibliographique, que les ulves peuvent jouer un rôle de stabilisation du sédiment et ainsi provoquer des conditions favorables à la sédimentation.

ZOOM - L'impact des algues vertes sur les poissons de l'estuaire de la Rance

En 2014, dans le cadre d'une thèse, des pêches scientifiques ont été effectuées sur deux vasières de l'estuaire : l'une (à La Ville-ès-Nonais) impactée par des algues vertes, l'autre (à Saint-Suliac), non impactée.

L'objectif de l'étude ? Etudier l'impact des proliférations d'algues vertes sur les nourriceries (zones de croissance) de poissons en vasière estuarienne.



Des effets négatifs des algues vertes sur les populations de poissons ont été mis en évidence



La qualité de certains estrans de la Rance maritime, habitats essentiels au renouvellement des populations d'un grand nombre d'espèces de poissons, est donc dégradée par les proliférations d'algues vertes.

Selon les chercheurs, « l'augmentation de l'intensité de la perturbation entraîne une réduction progressive de la diversité et de la densité » de la faune piscicole des estrans.

Les proliférations s'étendent sur une longue période en Rance maritime, l'effet est quasi-permanent et fort.

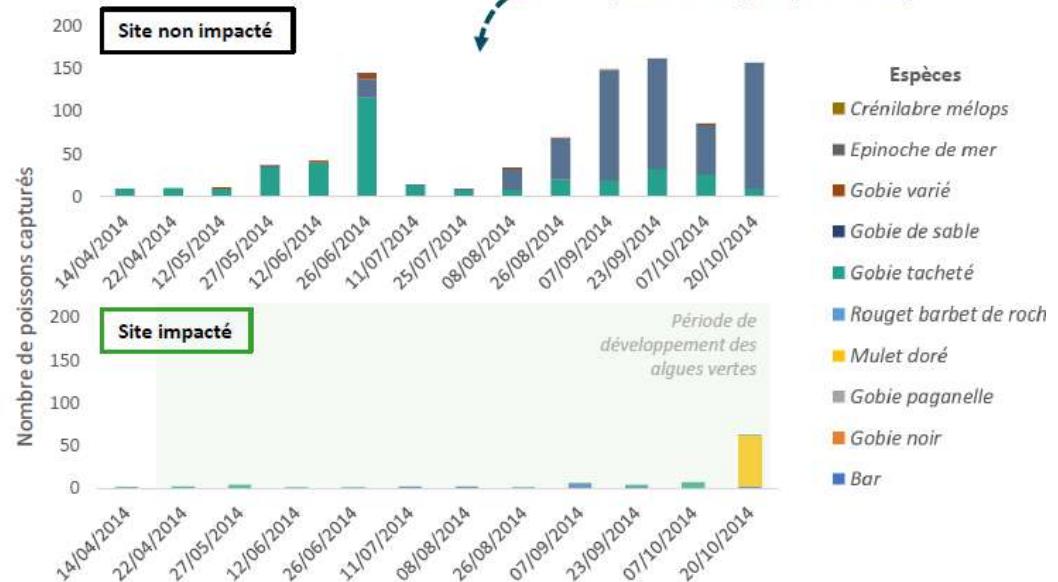
Il y avait significativement moins d'espèces de poissons sur le site impacté par les algues vertes

Les abondances étaient significativement plus faibles pour certains groupes écologiques, notamment les espèces démersales (vivant à proximité du fond) comme le bar et les espèces benthiques (vivant sur le fond) comme la plie.

Site non impacté :
15 espèces

Site impacté :
5 espèces

Exemple : Effectifs de chaque espèce lors de 14 pêches pour le groupe écologique des poissons vivant à proximité du fond (démersaux)



Source : Le Luherne et al., 2016. Fish community responses to green tides in shallow estuarine and coastal areas. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 175, 79-92. doi:10.1016/j.ecss.2016.03.031. Planche et illustrations réalisées à des fins de vulgarisation scientifique à partir de Le Luherne et al., 2016. Se reporter à la publication pour plus de précisions. Les différences significatives mentionnées ont été démontrées à partir d'analyses statistiques.

Figure 6 : Impact des algues vertes sur les nourriceries de poissons en Rance maritime

3.2. Les impacts sur les activités humaines

Les putréfactions d'algues vertes en décomposition peuvent, via la production du gaz toxique Hydrogène sulfuré (H_2S), engendrer des risques sanitaires pour les populations humaines. L'étude IZAR (Identification des zones de dépôt d'algues vertes à risque en Bretagne - CEVA, 2021), confirme la présence de zones de putréfaction sur l'estuaire de la Rance (Figure 7).

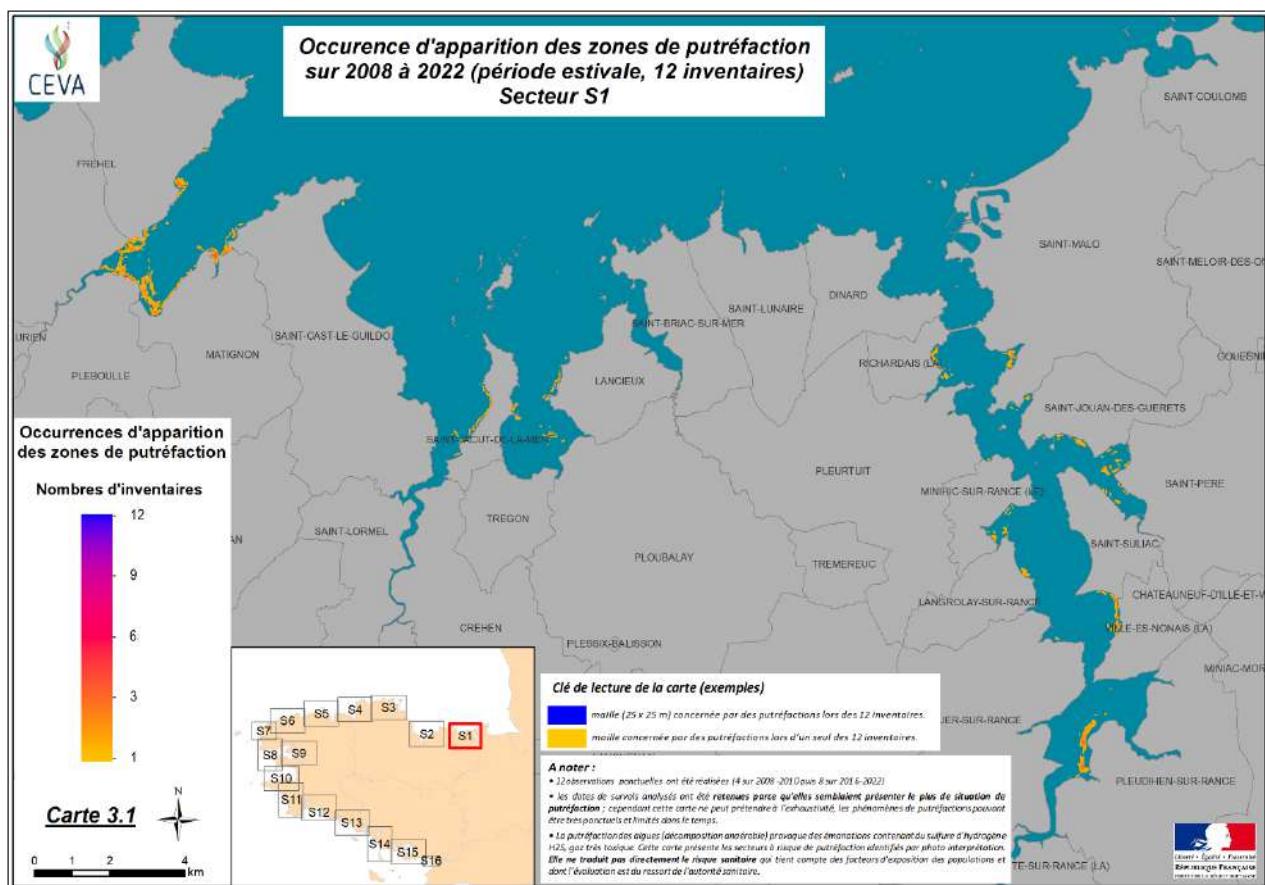


Figure 7 : Zones de putréfaction d'algues vertes sur la côte d'Emeraude (source CEVA, étude IZAR, mise à jour avec des données récentes).

Les dépôts putréfiant en Rance sont du type 3 selon la classification établie dans IZAR. Ils présentent généralement les caractéristiques suivantes : tapis d'algues souvent en décomposition en haut de vasières ; les algues sont blanchies par la dépigmentation ; des irisations (couleur bleutée à noire, parfois des nuances rosâtres) peuvent être visibles ; le sédiment sous-jacent est de couleur noire ; le diamètre de la zone est très variable. Sur ces dépôts, les teneurs en hydrogène sulfuré à hauteur d'homme ne semblent pas présenter de danger particulier. Néanmoins, dans certaines conditions (brassage, ras du sol, absence de vent, température élevée...), les teneurs peuvent être bien plus fortes et à l'origine d'intoxications aigües. Une zone potentiellement en putréfaction photographiée en juin 2024 à Saint-Jouan-des-Guérets est présentée en Figure 8 à titre illustratif.



Figure 8 : Dépôt d'algues vertes potentiellement en putréfaction avec émanation d'hydrogène sulfuré. Vasière de Saint-Jouan, juin 2024

La qualification du risque sanitaire nécessiterait de croiser cet aléa (zones de putréfaction) avec l'enjeu exposition des populations, ce qui n'a pas été réalisé. Selon les informations dont dispose la CLE, deux cas de nuisances sanitaires ont été rapportés à La Richardais en août 2020. Une visualisation à petite échelle des données de l'étude IZAR met en évidence qu'un nombre significatif de zones de putréfaction sont accessibles par la population (voir illustrations en annexe).

En 2021, suite à l'identification de ces zones de putréfaction dans le cadre d'IZAR, l'Etat a effectué une communication auprès des communes, avec la mise en place d'une démarche de commande de panneaux d'information du public à disposer près des sites (Figure 9). La cellule technique de la CLE n'a pas eu écho de l'installation de ces dispositifs sur les rives de l'estuaire.



ATTENTION DANGER À PROXIMITÉ

Dépôt d'algues en putréfaction

En cas d'accumulation importante, les algues en décomposition fermentent et produisent, au bout de 24 à 48 heures, un gaz toxique pour l'homme comme pour les animaux : le sulfure d'hydrogène (H_2S).

Les effets aigus de l'inhalation de ce gaz toxique peuvent aller d'une simple gêne (odeurs, picotements des yeux et du nez) à un malaise grave, voire à l'arrêt cardiaque dans des cas extrêmes.

Dans les zones de putréfaction, le danger résulte avant tout du brassage du milieu.

Pour votre sécurité, à proximité des zones de dépôts d'algues en putréfaction,

soyez vigilants et adoptez les bons comportements.

reconnaître les zones dangereuses

CONSIGNES DE SÉCURITÉ À PROXIMITÉ DES ZONES DE PUTRÉFACTION

Les algues fraîches

ne représentent en revanche aucun danger pour la santé lorsqu'elles sont en mer ou déposées depuis peu.

En cas de malaise,appelez immédiatement les secours au 112

112

pour en savoir plus

POUR LOCALISER LES ZONES DANGEREUSES :
cms.geobretagne.fr

SUR LES ALGUES EN BRETAGNE :
www.algues-vertes.com
www.ceva-algues.com
www.bretagne-environnement.fr

PRÉFET DE LA RÉGION BRETAGNE

Plouër-sur-Rance, 2021

Figure 9 : Panneaux proposés par l'Etat aux communes en 2021 pour informer sur les zones de putréfaction. Les communes avaient la possibilité d'apposer leur logo.

Des contraintes sont à signaler pour certaines communes qui doivent ramasser ponctuellement les algues sur les plages. Des contacts pris avec les communes en 2022 (2024 pour Plouër-sur-Rance) et les données publiées sur le site web du projet Green Seas ont permis d'estimer qu'au moins 100-150 m³ sont ramassés annuellement (Tableau 1). Les volumes sont faibles par rapport aux grandes baies à algues vertes sur estrans sableux, mais le coût pour les communes n'est pas à négliger en termes de temps-agent : en période de prolifération, un ramassage mobilisant deux agents est réalisé par semaine sur certaines communes.

Tableau 1 : Ramassages d'algues vertes par les communes riveraines de la ria selon un sondage réalisé en 2022 et le projet GreenSeas

Commune	Modalités de ramassage et volumes
La Ville-ès-Nonais	Jusqu'à trois ramassages hebdomadaires, pour un volume d'environ 100-110 m ³ d'ulves par an. Les données recueillies dans le cadre du projet GreenSeas font état de volumes inférieurs, de l'ordre de 30-50 m ³ /an maximum.
Pleudihen-sur-Rance	Environ 20-40 m ³ par an, ramassage hebdomadaire en période estivale sur la plage de Mordreuc
Plouër-sur-Rance	2,5 m ³ en 2023, en cinq passages sur la plage de la Cale. En 2019 et 2021, environ 0,5 m ³ étaient ramassés quotidiennement.
Le Minihic-sur-Rance	Ramassages peu fréquents, réalisés les années où les proliférations sont préjudiciables (un ramassage en 2021, 1 m ³). 21 m ³ en 2017 selon GreenSeas.
Saint-Jouan-des Guérets	Ramassages anecdotiques. Le maximum ces dernières années est de 10 m ³ en 2018 selon GreenSeas.
Saint-Suliac	Ramassages anecdotiques. Le maximum ces dernières années est de 12 m ³ en 2019 selon GreenSeas.

Selon le Comité départemental des pêches maritimes et des élevages marins des Côtes d'Armor, les proliférations représentent une gêne technique pour les pêcheurs professionnels de palourdes/coques de l'estuaire (une quarantaine de pêcheurs à pied professionnels en Rance maritime). Des pêcheurs professionnels ont également noté des anoxies sous les tapis d'ulves à La Ville Ger et se questionnaient sur l'effet sur les palourdes. Les pêcheurs et conchyliculteurs n'ont pas rapporté de préoccupations sanitaires à notre connaissance.

A retenir : Les proliférations d'algues vertes ont des impacts écologiques dont la principale manifestation connue dans l'estuaire de la Rance concerne les populations de poissons. Des zones de putréfaction d'algues vertes pouvant entraîner des relargages de gaz toxique sont identifiées. Un risque sanitaire est donc possible en fonction de la fréquentation de ces zones de putréfaction. Enfin, les proliférations sont une contrainte pour certaines communes qui doivent organiser des ramassages sur leurs plages.

4. Les flux de nutriments et autres facteurs régissant les proliférations

Le principal levier pour la diminution des proliférations d'algues vertes consiste en la diminution des flux de nutriments, principalement azotés. Sur les vasières à algues vertes, deux vecteurs de nutriments sont à considérer : les bassins versants (flux terrigènes) et les vasières elles-mêmes (flux sédimentaires).

4.1. Les flux sédimentaires

L'étude de la contribution des flux sédimentaires a été réalisée dans le cadre du projet régional IMPRO (IMPact du sédiment sur les PROliférations de macroalgues sur vasières), réalisé par un consortium de scientifiques en 2019-2022. Les principales conclusions opérationnelles d'IMPRO sont les suivantes :

- Les vasières émettent des flux d'azote (ammonium) et de phosphore (phosphates) vers la colonne d'eau mais elles contribuent aussi à la dénitrification des nitrates contenus dans la colonne d'eau (rôle de zone humide : nitrate → diazote gazeux dans l'air).
- Les flux sédimentaires sont variables en fonction des vasières (et au sein même d'une vasière) mais il n'est pas observé de flux anormalement forts sur les vasières bretonnes. Il est à noter que les flux de phosphates de la Rance sont parmi les plus forts des sites étudiés. Ils résulteraient des apports de phosphore issus d'effluents urbains et agricoles (ruissellement, érosion des sols) et de la taille du bassin versant, particulièrement grand pour la Rance maritime.
- Une estimation de la part des flux d'azote en provenance des sédiments pour l'estuaire de la Rance a été réalisée. Elle serait d'environ 0,3 % des flux d'azote terrigènes du bassin versant de la Rance.
 - ⇒ En conclusion, les sédiments vaseux ne sont pas responsables de l'initiation des développements d'algues vertes sur vasières, mais ils pourraient contribuer à un soutien des proliférations en période estivale (quand les flux terrigènes sont plus faibles).

4.2. Les flux terrigènes

Objectifs de qualité d'eau

Le principal levier de lutte contre les proliférations d'algues vertes dans l'estuaire réside donc dans la réduction des flux terrigènes d'azote en provenance du bassin versant. Ce levier d'action est confirmé dans le SDAGE en vigueur 2022-2027, dans sa disposition 10A-2 (Figure 10).

10A-2 : En application des articles L. 212-5-1-II. 2^e et R. 212- 46 3^o du code de l'environnement, les Sage possédant une façade littorale sujette à des proliférations d'algues vertes sur vasières figurant sur la carte des échouages n°1 établissent un programme de réduction des flux d'azote ponctuels et diffus, parvenant sur les sites concernés et les commissions locales de l'eau suivent leur mise en œuvre. Les décisions des pouvoirs publics sont compatibles avec les programmes de réduction des flux.

Des résultats scientifiques récents montrent que les apports des bassins versants sont bien l'élément déclencheur du processus de production des algues vertes sur vasières et que la part d'azote issu des relargages des vases n'intervient qu'en fin de période estivale en soutien du processus de production des algues vertes sur vasières.

Pour les cours d'eau contribuant au déclassement des masses d'eau côtières au titre des marées vertes sur vasières figurant sur la carte n°3, il est recommandé que les objectifs chiffrés et datés des programmes de réduction des flux d'azote, permettant aux masses d'eau situées sur le périmètre du Sage d'atteindre les objectifs environnementaux du Sdage, soient fixés à au moins 30 % (en référence aux concentrations moyennes annuelles des années 2010 à 2012 et en tenant compte de l'hydrologie), voire jusqu'à 60 % selon les masses d'eau.

Figure 10 : Extrait du SDAGE Loire-Bretagne concernant les algues vertes sur vasières

Le SDAGE demande aux CLE d'établir un programme de réduction des flux d'azote visant une réduction d'au moins 30 % des concentrations « *en référence aux concentrations moyennes annuelles des années 2010 à 2012 et en tenant compte de l'hydrologie* ». Suivant les méthodes de calcul (voir note interne de juin 2024 disponible sur demande), la concentration annuelle cible à atteindre est de 15 ou 16 mg NO₃/L, en se basant sur la station la Rance à Saint-André-des-Eaux. Il est à noter que l'exutoire de la Rance fluviale fait l'objet de concentrations très faibles en été, comme constaté lors du suivi mené au Châtelier en 2020 par l'EPTB : entre le 22/07/2020 et le 10/09/2020, la concentration moyenne estivale était de 7 mg NO₃/L (trois prélèvements). Cette situation est possiblement liée à l'absorption d'azote par du phytoplancton d'eau douce se développant au printemps-été dans la « retenue » constituée par le barrage du Châtelier.

Le SAGE Rance Frémur baie de Beaussais, révisé en 2013, vise également une « *réduction des algues vertes dans la baie de Beaussais et dans le bassin maritime de la Rance* ». La disposition n° 30 du SAGE fixe dans ce cadre un objectif de « *réduction des flux de nitrates contributeurs à l'eutrophisation des eaux littorales et des vasières* ». L'objectif à atteindre pour les concentrations en nitrates dans les cours d'eau est de 25 mg NO₃/L (en percentile 90), soit une réduction de 30 % minimum des concentrations (en référence aux percentiles 90 annuels des années 1999 à 2003).

Connaissance des flux d'azote aux exutoires de la ria

C'est dans cette optique de connaissance des flux terrigènes de nutriments que la CLE a engagé, dès 2016 (et par la suite dans le cadre d'une note du Secrétariat technique de bassin de juin 2017) une démarche d'amélioration de la connaissance des flux terrigènes, préalable nécessaire à la mise en œuvre d'actions de diminution des fuites d'azote.

En 2020, un programme d'acquisition de connaissances des flux de nutriments sur les cours d'eau de l'estuaire a ainsi été réalisé, pour un coût de 17 000 euros. Le jeu de données a été utilisé pour produire, en juin 2023, un estimatif des flux terrigènes d'azote en 2020, en collaboration avec le CEVA. Les éléments essentiels sont repris ci-dessous (voir pour plus de précisions la note de 2023 mise à jour en juillet 2024 : « *Proliférations d'algues vertes sur les vasières de l'estuaire de la Rance : amélioration de la connaissance des flux terrigènes saisonniers d'azote* ») :

- En 2020, le flux moyen saisonnier d'azote pour l'ensemble de l'estuaire (incluant les rejets en aval de l'usine marémotrice) est estimé à 749 kg (nitrates et ammonium) par jour. Le flux de la Rance fluviale est dominant au global sur la saison avec une moyenne saisonnière estimée à 548 kg d'azote (nitrates et d'ammonium) par jour (73%). Viennent ensuite la Goutte (5%) puis le Routhouan et le Coetquen (4% chacun) (Figure 11).

- En fin d'été (août-septembre), la contribution des exutoires hors Rance fluviale (cours d'eau côtiers et stations d'épuration débouchant dans l'estuaire) est plus importante : elle est du même ordre de grandeur que le flux issu de la Rance fluviale (Figure 12). Les multiples cours d'eau côtiers débouchant dans l'estuaire jouent donc probablement un rôle non négligeable dans le soutien des proliférations en fin de saison, notamment quand ceux-ci débouchent à proximité des vasières à algues vertes.
- Hors Rance fluviale et en amont de l'usine marémotrice, il est estimé que 21 % du flux d'azote (nitrates et ammonium) émis dans l'estuaire sur la saison de prolifération provient des rejets de stations d'épuration. Pour les rejets de stations d'épuration se faisant dans un cours d'eau, la part du flux d'azote issu de l'ouvrage est très variable.
- L'exutoire du Routhouan, situé à l'embouchure de l'estuaire, fait l'objet d'un flux significatif qui a probablement été sous-estimé dans l'étude. En l'absence d'étude de la dispersion maritime de son panache de nutriments, il est difficile d'établir la part du flux participant à la croissance des algues, une partie du panache se dirigeant vers le large. Les résultats de l'étude bactériologique VIBRANCE, même s'ils concernent un autre type de polluant, suggèrent que sa contribution doit être prise en compte.
- Une première mise en évidence des bassins versants estuariens ayant la plus forte pression azotée a été réalisée par le calcul de flux spécifiques : les Perrières (à la Ville-ès-Nonais), Les Gastines (Saint-Père-Marc-en-Poulet), la Goutte (Saint-Père-Marc-en-Poulet principalement), la Tourniole (Pleudihen-sur-Rance) et la Couaille (Saint-Jouan-des-Guérets et Saint-Père-Marc-en-Poulet).
- La qualité des données de flux est moyenne sur la plupart des cours d'eau (voir Figure 11), les mesures de terrain (concentrations en nitrates et débits) étant trop peu nombreuses pour disposer d'un jeu de données qualitatif. Le nombre de cours d'eau débouchant dans l'estuaire et la configuration hétérogène du bassin versant (géologie, occupation du sol, usages de l'eau) rendent difficile l'interpolation et l'extrapolation des données collectées sur le terrain pour établir, sur chaque cours d'eau, des flux journaliers.

La question des contributions relatives des cours d'eau aux proliférations d'ulves sur les différentes vasières de l'estuaire est posée. Celui-ci est en effet caractérisé par une géomorphologie particulière avec certaines vasières parfois éloignées de l'exutoire de la Rance fluviale (Troctin, La Richardais par exemple) ou confinées hydrauliquement (Saint-Jouan). Au vu de cette configuration et des flux importants émis par certains cours d'eau (La Couaille, La Goutte par exemple), l'hypothèse d'une faible contribution de la Rance fluviale est émise pour ces vasières éloignées ou confinées. Le flux alimentant ces vasières pourrait provenir préférentiellement des petits cours d'eau débouchant à proximité. Cette hypothèse, si elle était vérifiée, pourrait permettre de faciliter la mise en œuvre d'actions opérationnelles sur certaines vasières, les bassins versants concernés étant plus réduits en superficie. De premiers éléments tendent à indiquer que la responsabilité de ces petits cours d'eau n'est pas majeure. En effet, il est actuellement pressenti, mais non vérifié, que les vasières sur lesquelles une biomasse d'ulves est déjà installée pourraient connaître, sous l'effet des flux printaniers importants de la Rance fluviale et du phénomène de reconduction pluriannuelle, une explosion de la biomasse algale. En fin d'été, quand les flux du fleuve sont plus faibles, les cours d'eau côtiers pourraient jouer, ou non, un rôle de maintien des proliférations. Il paraît encore difficile de séparer les effets du confinement hydro-sédimentaire, des flux de la Rance fluviale et des flux locaux. Une modélisation effectuée dans le cadre du projet IMPRO sur la vasière du Ledano sur l'estuaire du Trieux a montré une faible contribution des flux d'azote émis par les cours d'eau débouchant à proximité, mais la configuration géomorphologique des deux estuaires est différente.

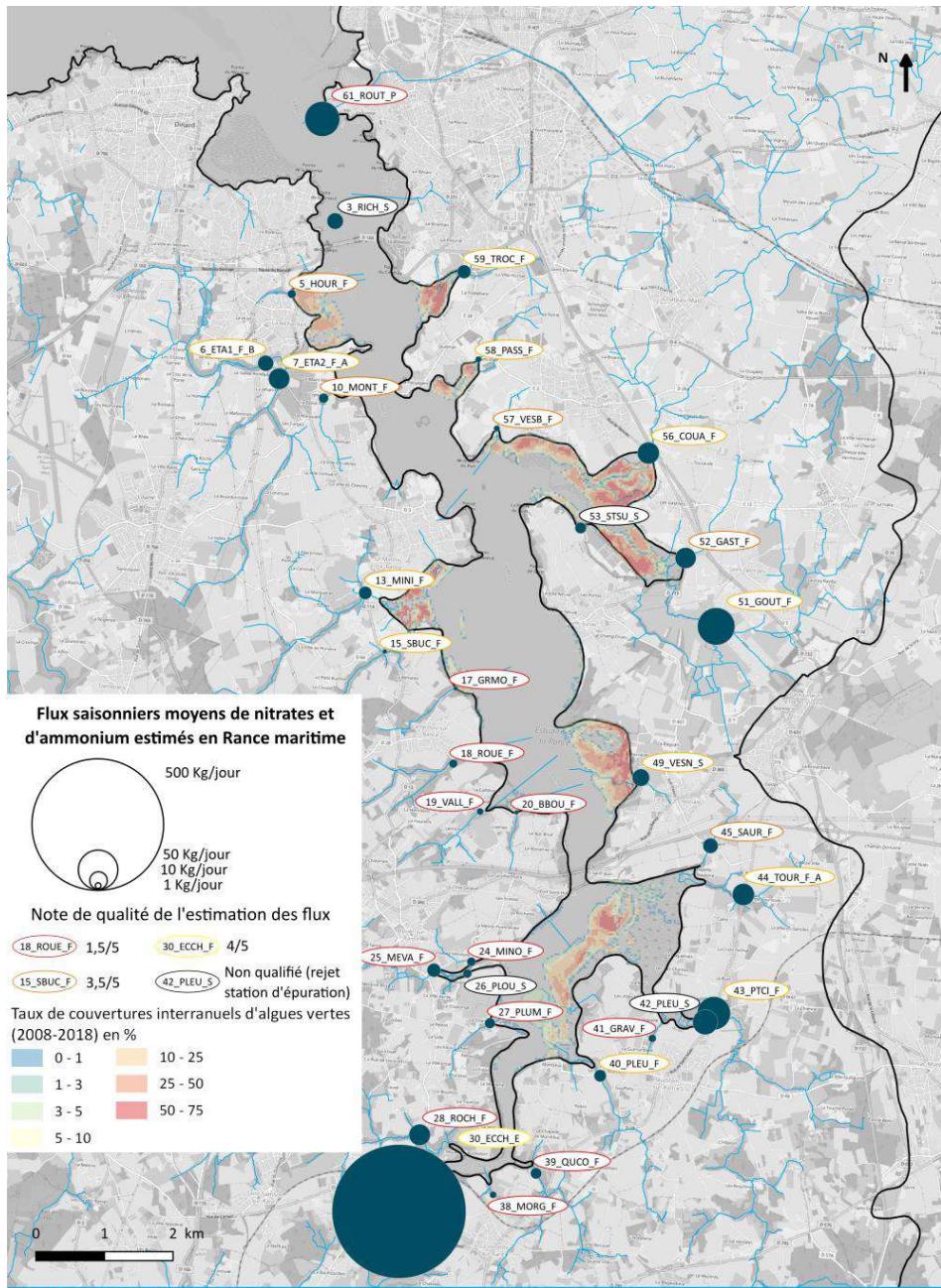


Figure 11 : Estimation des flux saisonniers moyens d'azote en Rance maritime en 2020

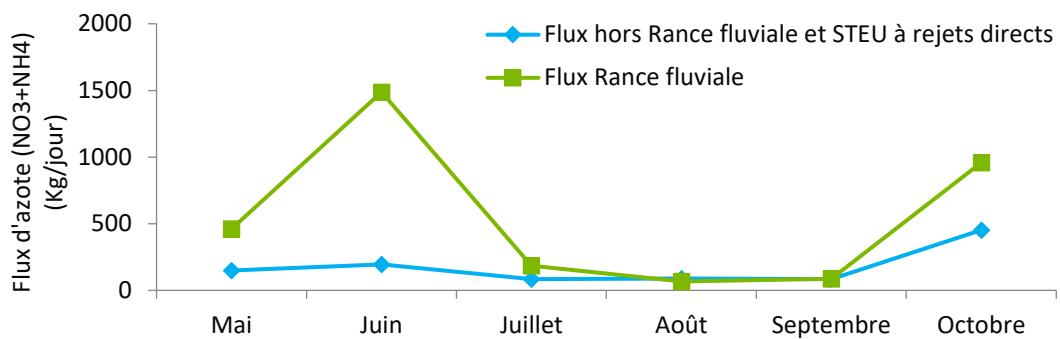


Figure 12 : Evolution des flux mensuels moyens d'azote sur la saison de prolifération 2020. STEU : station de traitement des eaux usées

Le cas du flux d'azote de la Rance fluviale

La Rance fluviale étant le principal vecteur de nutriments dans la ria, la connaissance des flux d'azote issus du fleuve s'avère importante. Le cours d'eau fait l'objet d'un suivi du paramètre nitrates depuis plus de 25 ans.

Comme constaté dans les différentes éditions du tableau de bord du SAGE, la qualité de l'eau pour les nitrates est actuellement moyenne à médiocre sur le bassin versant de la Rance fluviale, avec une concentration moyenne avoisinant les 30 mg NO₃/L. Si une tendance à la baisse des concentrations est observée ces 20 dernières années, l'objectif du SAGE fixé en 2013 (25 mg NO₃/L) est peu fréquemment atteint (22 % des stations atteignaient l'objectif en 2022, 15 % en 2023) et une tendance à la stagnation est observée depuis près de 10 ans.

Cette analyse de l'évolution de la qualité de l'eau basée sur les concentrations présente le désavantage de ne pas considérer l'effet annuel de la pluviosité. En 2024, une étude plus fiable, gommant le biais lié à l'effet de la variabilité climatique sur les flux a été réalisée via le calcul par année hydrologique des flux spécifiques d'azote nitrique (N-NO₃) pondérés par l'hydraulicité, conformément aux préconisations des fiches techniques élaborées par le CSEB en 2005-2007 « *Pour la compréhension des bassins versants et le suivi de la qualité de l'eau* » (fiche n°E-5). Des calculs de flux ont ainsi été réalisés à l'aide du logiciel Macro-Flux. Une note interne détaillant la méthode adoptée a été rédigée en juin 2024, elle est disponible sur demande.

Des flux spécifiques d'azote nitrique (N-NO₃) pondérés par l'hydraulicité ont ainsi été calculés au niveau de la Rance à Saint-André-des-Eaux (station bénéficiant du rapport 'historique de données'/'distance à la mer' le plus favorable) entre 1997 et 2023 (Figure 13). Cette station intègre 51 % de la surface du bassin versant, elle ne prend notamment pas en compte le Linon.

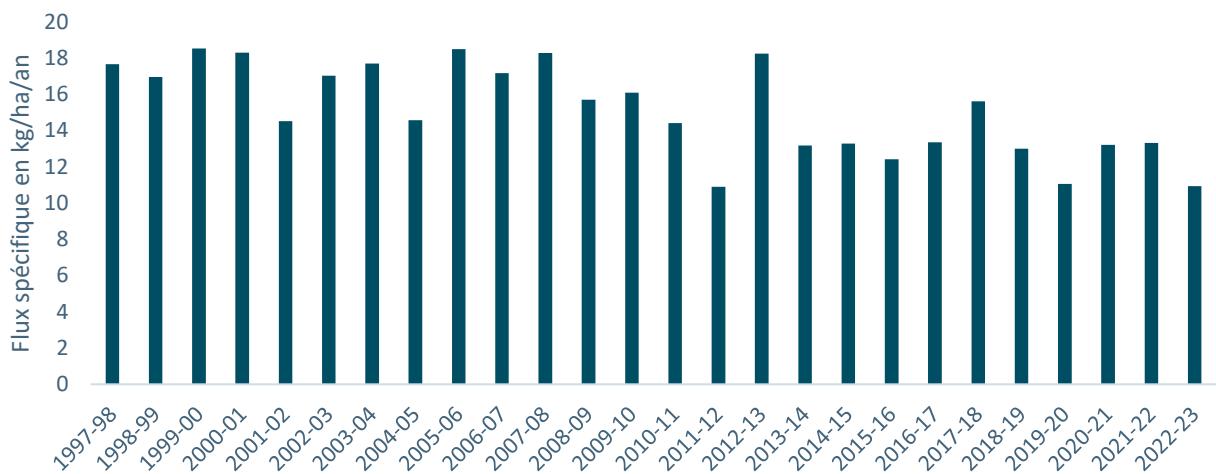


Figure 13 : Flux spécifiques d'azote nitrique (N-NO₃) pondérés par l'hydraulité sur la Rance à Saint-André-des-Eaux

La tendance à la baisse des flux est confirmée par cette approche pour la Rance à Saint-André-des-Eaux. Entre les périodes [1997-2002] et [2018-2023], les flux ont diminué d'environ 5 kg d'azote nitrique (N-NO₃) émis annuellement par ha, soit une baisse de 28 %. Au cours de la dernière décennie, une relative stabilité est observée. Ainsi entre les périodes [2010-2015] et [2018-2023], la baisse n'est plus que de 10 %. On remarquera que les flux de nitrates émis lors des premières années de proliférations d'ulves documentées (début des années 2000) étaient supérieurs aux flux actuels, alors que les proliférations étaient encore limitées en superficies.

5.3. Des facteurs aggravants ?

Au-delà des flux de nutriments, des facteurs considérés ici comme non limitants mais comme possiblement aggravants pourraient stimuler les proliférations. S'ils étaient confirmés, ils pourraient limiter les marges de manœuvre pour réduire les proliférations. Ces facteurs sont essentiellement liés aux modifications hydromorphologiques induites par la construction de l'usine marémotrice de la Rance (UMR) :

- Le phénomène de sédimentation dans l'estuaire est amplifié par l'UMR. L'accroissement des surfaces de vasières, si celui-ci se fait à bathymétrie compatible avec les proliférations d'ulves, pourrait augmenter les surfaces de supports disponibles aux proliférations. Il est à noter au passage que le dragage de zones de proliférations, qui serait effectué pour supprimer ce support favorable aux algues, n'aurait pas nécessairement d'effets positifs sur les proliférations selon des échanges avec le CEVA. Au vu de la complexité des phénomènes en jeu, il est aujourd'hui impossible de l'attester et de prévoir d'éventuelles modifications courantologiques et trophiques, avec des effets en cascade. Certes, l'augmentation de la profondeur induirait une plus faible disponibilité de lumière, pouvant ainsi limiter la croissance. Mais le temps d'émersion des algues serait plus élevé, ce qui est un facteur favorable à la croissance.
- Dans son rapport sur le « Fonctionnement hydro-sédimentaire du bassin maritime de la Rance », le Conseil Scientifique du Plan de Gestion des Sédiments de la Rance met en évidence que « *la mise en place de l'UMR a eu pour effet d'allonger les temps de résidence/renouvellement des masses d'eau dans l'estuaire de la Rance. Il est naturellement plus long en amont qu'en aval, mais il est passé d'environ 3 - 5 jours à plus de 15 jours en amont de la cluse, tandis que dans la partie centrale de*

l'estuaire il serait de 4 jours maintenant au lieu de 2 jours avant barrage. » Cette augmentation des temps de résidence/renouvellement et l'augmentation de la stratification associée pourraient favoriser la disponibilité en nutriments dans la colonne d'eau pour les algues, limitant un « effet chasse d'eau » vers le large.

- La température de l'eau dans le bassin maritime est souvent réputée comme étant supérieure à celle de la mer ouverte. Ce facteur pourrait stimuler la croissance des algues. En première approche sur cette question, un suivi mené sur des stations en amont et en aval du barrage en 2023 ne met pas en évidence une température significativement plus élevée dans le bassin maritime en période estivale (Figure 14). Il serait opportun d'analyser plus finement ces données pour mieux qualifier ce potentiel différentiel thermique.

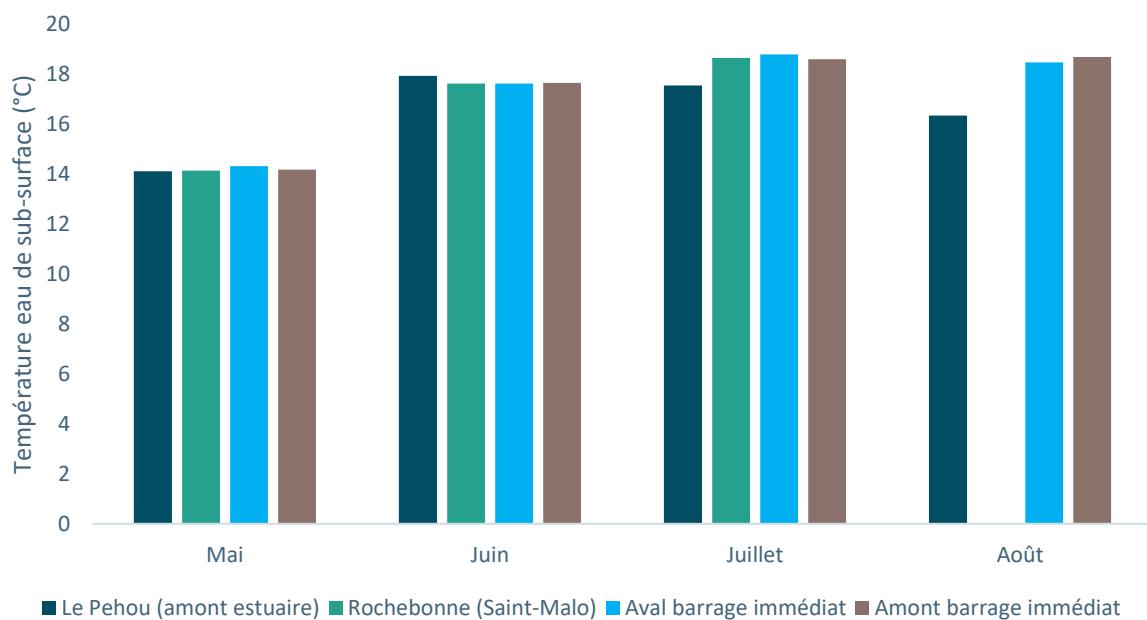


Figure 14 : Températures moyennes mensuelles de l'eau en divers points de l'estuaire de la Rance et du golfe de Saint-Malo entre mai et août 2023 dans le cadre des suivis environnementaux liés à l'opération du dragage du Chêne Vert menés par l'EPTB Rance Frémur. Données acquises via des mesures automatiques à 1 m sous la surface de l'eau, fréquence 10 minutes.

A retenir : Les flux terrigènes de nutriments constituent le facteur limitant des proliférations d'algues vertes. Un travail d'amélioration de la connaissance des flux aux exutoires de l'estuaire a été mené ces dernières années. L'essentiel du flux de nutriments provient de la Rance fluviale mais l'influence du flux issu des petits cours d'eau n'est pas à négliger en été. Ces 25 dernières années, le flux de nitrates de la Rance fluviale a diminué de 30 % environ. La dynamique évolutive est toutefois moins favorable sur la dernière décennie. L'amplification de la sédimentation et la hausse du temps de renouvellement de l'eau liés à l'usine marémotrice constituent de potentiels facteurs aggravants des proliférations.

5. Feuille de route de la CLE

Une feuille de route pour agir sur le phénomène algues vertes en Rance maritime a été travaillée en bureau de CLE le 11/07/2024 et validée en CLE plénière le 05/09/2024. Elle est rappelée ci-dessous.

1. Continuer à mesurer l'enjeu pour le territoire

1.1. Etudier la fréquentabilité des zones de putréfaction pour mieux qualifier le risque sanitaire

Il s'agirait de croiser les zones de putréfaction (aléa connu) avec les espaces d'estrans fréquentés par le public (à définir) pour qualifier le risque sanitaire représenté par les proliférations d'algues vertes.

Moyens nécessaires : Temps agent EPTB et partenariat scientifique et technique avec diverses structures pour définir une méthode et collecter les données nécessaires.

Calendrier : 2025

1.2. Etudier l'effet des proliférations sur les herbiers de zostères

Il s'agirait de réunir les acteurs institutionnels de la biodiversité et les scientifiques concernés pour échanger sur les interactions ulves-zostères. L'objectif serait dans un premier temps de préciser l'état des connaissances scientifiques existantes de façon générale et d'étudier l'opportunité de caractérisation de l'impact dans l'estuaire de la Rance. Dans un second temps, si les données existantes sont suffisantes, il s'agirait d'appliquer un protocole d'étude. Si elles sont insuffisantes, il s'agirait de définir le portage d'une étude plus ambitieuse.

Moyens nécessaires : Temps agent EPTB et partenariat scientifique et technique.

Calendrier : 2025 pour l'échange technique et scientifique. Calendrier de l'étude de caractérisation de l'impact à définir lors de cet échange.

2. Mieux comprendre les facteurs régissant les proliférations

2.1. Mieux connaître les flux de nutriments de la Rance fluviale

Il s'agirait prioritairement de mieux connaître les débits de la Rance fluviale, via l'installation d'une station hydrométrique. Les modalités techniques, financières et de portage sont à étudier. L'objectif final d'une telle démarche serait de réaliser une modélisation du phénomène algues vertes en Rance en vue d'étudier la faisabilité de lutte contre celui-ci (en prenant en compte les facteurs aggravants) et de dimensionner une politique de réduction des flux terrigènes d'azote en réponse au SDAGE 2022-2027.

Moyens nécessaires : Temps agent pour de la prospection dans un premier temps

Calendrier : 2025 pour la prospection

2.2. Etudier la possibilité d'un effet de l'envasement sur la hausse des proliférations

Il s'agirait d'étudier l'effet de la sédimentation sur la création de supports supplémentaires favorables à la croissance des ulves. Un protocole d'étude a été établi entre le CEVA et l'EPTB en 2024, il convient de l'appliquer.

Moyens nécessaires : Temps agent EPTB et collaboration scientifique

Calendrier : 2025

2.3. Suivre les études sur la reconduction pluriannuelle des proliférations

Il s'agirait de suivre les études actuellement réalisées dans d'autres baies pour comprendre les causes de la hausse des proliférations observée à l'échelle régionale et plus particulièrement celle ayant trait à la reconduction pluriannuelle menée par le CEVA sur la vasière de Sené (Morbihan) dans le cadre du programme régional CIMAV.

Moyens nécessaires : Temps agent EPTB et collaboration scientifique

Calendrier : 2025 - 2026

3. Agir dès à présent de manière préventive

3.1. Informer les communes sur le phénomène et le risque sanitaire

Il s'agirait, en lien étroit avec les services de l'Etat, d'informer les Maires des communes concernées sur les risques sanitaires, suite à la mesure 1.1. Il pourrait être proposé lors de cet échange de : (i) programmer un temps de formation pour les agents ramassant les algues ou travaillant sur les estrans ; (ii) faire émerger une démarche de sensibilisation du public (en veillant à ne pas dégrader l'image du territoire ni stigmatiser les acteurs du bassin versant). Cette action pourrait s'appuyer sur l'expérience acquise par nos voisins dans le cadre du projet territorial PLAV de la Baie de la Fresnaye.

Moyens nécessaires : Temps agent EPTB et partenariat avec les services de l'Etat.

3.2. Faire émerger des actions préventives pour réduire le phénomène

Il s'agirait, dans le cadre du contrat territorial Rance & Frémur, de faire émerger voire de planifier des mesures :

- (i) d'actions agricoles visant la transition agroécologique des exploitations à l'échelle de l'ensemble du bassin versant. Ces actions ne seront pas focalisées spécifiquement sur les fuites d'azote mais revendiqueront des bénéfices sur celles-ci.
- (ii) d'actions basées sur des solutions fondées sur la nature, permettant de lutter contre la pollution azotée, en travaillant par exemple sur les zones de bas de versant.

Moyens nécessaires : Temps agent et collaboration technique

Calendrier : 2025

3.3. Rédiger un programme d'actions en réponse au SDAGE Loire-Bretagne

Réfléchir, sur la base des connaissances acquises précédemment, à l'élaboration d'un programme de réduction des flux d'azote, en réponse au SDAGE.

Moyens nécessaires : Temps agent et collaboration technique, travaux de la CLE

Calendrier : 2025-2027

Bibliographie

Bregeon, 1974. La Rance, introduction à l'étude d'un milieu en vue de sa préservation et son aménagement. Mémoire de fin d'études de l'école nationale supérieure agronomique de Rennes.

Centre d'études et de valorisation des algues (CEVA), 2021. Identification des zones de dépôts d'algues à risques en Bretagne (IZAR). <https://www.ceva-algues.com/document/rapport-izar/>

Centre d'études et de valorisation des algues (CEVA), 2023. Analyse pluriannuelle des proliférations d'algues vertes en baie de Lancieux et l'estuaire de la Rance. Présentation en Commission Littoral de la Commission locale de l'eau Rance Frémur, à Saint-Lunaire, le 25/05/2023.

Conseil Scientifique du Plan de Gestion des Sédiments de la Rance, 2023. Fonctionnement hydro-sédimentaire du bassin maritime de la Rance. Rapport diagnostic & Suggestions pour le plan de gestion des sédiments de la Rance. Version N°3 du 15 juin 2023.

Conseil Scientifique du Plan de Gestion des Sédiments de la Rance, 2024. Fonctionnement écologique du bassin maritime de la Rance - Volet : Prolifération d'algues vertes. Rapport diagnostic & Suggestions pour le plan de gestion des sédiments de la Rance.

Cummins, S. P.; de Roberts; Zimmerman, K. D. (2004) Effects of the green macroalga *Enteromorpha intestinalis* on macrobenthic and seagrass assemblages in a shallow coastal estuary. In : Marine Ecology Progress Series, vol. 266, p. 77–87. DOI: 10.3354/meps266077.

EPTB Rance Frémur, 2023. Proliférations d'algues vertes sur les vasières de l'estuaire de la Rance : amélioration de la connaissance des flux terrigènes saisonniers d'azote.

EPTB Rance Frémur, 2024. Evolution temporelle des flux de nitrates en Rance fluviale.

EPTB Rance Frémur, 2024. Note sur l'évaluation des débits des cours d'eau au niveau des exutoires de l'estuaire de la Rance.

Emilie Le Luherne, 2016. Impacts des marées vertes sur les habitats essentiels au renouvellement des ressources halieutiques des secteurs estuariens et côtiers. Thèse Agrocampus Ouest. <https://theses.hal.science/tel-01649196>.

Green-Gavrielidis, I.A.; MacKechnie, F.; Thornber, C. S.; Gomez-Chiarri, M. (2018) Bloom-forming macroalgae (*Ulva* spp.) inhibit the growth of co-occurring macroalgae and decrease eastern oyster larval survival. In : Marine Ecology Progress Series, vol. 595, p. 27–37. DOI: 10.3354/meps12556.

INRAE, CNRS, UBO, Sciences Po Rennes, UR1, Ifremer, Institut Agro, CEVA, CIRAD. Projet de recherche ANR GreenSeas. <http://greenseas.fr/>

J. Louis, L. Jeanneau, F. Andrieux-Loyer, P. Anschutz, C. Charbonnier, S. Richier, M. Lasbleiz, P-E. Oms, S. Ballu, N. Lebris, M. Chorin, M. Liotaud, E. Jardé, C. Petton, G. Bouger, P. Petitjean, F. Caradec, E. Rabiller, B. Deflandre, J. Launay, A. Laverman (coord.), 2022. Impact du sédiment sur les proliférations de macroalgues sur vasières (projet IMPRO). Rapport d'étude et annexes. CNRS – Université Rennes 1, Ifremer, Université Bordeaux, CEVA. https://www.creseb.fr/projet_impro/

Olyarnik, S. V.; Stachowicz, J. J. (2012) Multi-year study of the effects of *Ulva* sp. blooms on eelgrass *Zostera marina*. In : Marine Ecology Progress Series, vol. 468, p. 107–117. DOI: 10.3354/meps09973.

A. Paumier, T. Tatlian, E. Réveillac, E. Le Luherne, S. Ballu, M. Lepage, O. Le Pape, 2018. Impacts of green tides on estuarine fish assemblages. Estuarine, Coastal and Shelf Science. DOI:10.1016/j.ecss.2018.08.021

Quillien, N.; Nordström, Marie C.; Guyonnet, B.; Maguer, M.; Le Garrec, V.; Bonsdorff, E.; Grall, J. (2015) Large-scale effects of green tides on macrotidal sandy beaches: Habitat-specific responses of zoobenthos. In : Estuarine, Coastal and Shelf Science, vol. 164, p. 379–391. DOI: 10.1016/j.ecss.2015.07.042.

Annexe 1

Visualisation de la localisation de zones identifiées dans l'étude IZAR (CEVA, 2021) comme ayant fait l'objet d'au moins une putréfaction entre 2008 et 2019.

Plage de la Ville Ger, Pleudihen-sur-Rance



Saint-Jouan-des-Guérets



La Richardais



Saint-Suliac et La Ville-ès-Nonais



Saint-Malo Quelmer



Le Minihic-sur-Rance





Résumé :

La ria de la Rance connaît des proliférations d'algues vertes. Le phénomène est en hausse ces dernières années. Ce document dresse dans un premier temps un état des lieux des connaissances sur le phénomène : caractérisation géographique des proliférations et évolution temporelle ; impacts (des effets négatifs sont montrés sur les poissons, des zones de putréfaction potentiellement dangereuses existent, le ramassage est une contrainte pour certaines communes) ; facteurs régissant les proliférations (flux terrigènes de nutriments et facteurs aggravants). La feuille de route pour intervenir sur ce phénomène est rappelée en fin de document.